

**VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra telekomunikační techniky**

**Vliv vzdálenosti na digitální účastnickou smyčku s digitální
telefonní službou**

**Impact of Distance on Digital Subscriber Line with Digital Phone
Service**

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Roman Tománek**

Studijní program: N2647 Informační a komunikační technologie

Studijní obor: 2601T013 Telekomunikační technika

Téma: **Vliv vzdálenosti na digitální účastnickou smyčku s digitální telefonní službou**
Impact of Distance on Digital Subscriber Line with Digital Phone Service

Zásady pro vypracování:

Cílem práce je zhodnotit vliv vzdálenosti na kvalitu služby ADSL v digitální účastnické smyčce. Součástí práce bude realizace laboratorních měření pro vyhodnocení zadané závislosti. Práce má rešeršní charakter ve formě vytvoření měřících protokolů a analýzy naměřených hodnot.

Osnova:

1. Přehled technologie ADSL.
2. Přehled parametrů, které ovlivňují kvalitu služby v ADSL.
3. Realizace laboratorních měření vlivu vzdálenosti na službu.
4. Zpracování výsledků formou protokolů.

Seznam doporučené odborné literatury:

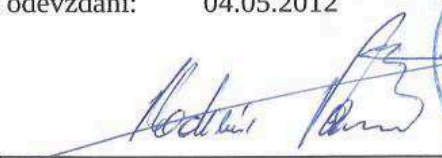
Podle pokynů vedoucího bakalářské práce.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

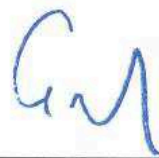
Vedoucí diplomové práce: **Ing. Přemysl Mer, Ph.D.**

Datum zadání: 18.11.2011

Datum odevzdání: 04.05.2012


prof. RNDr. Vladimír Vašínek, CSc.
vedoucí katedry

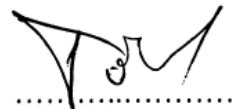



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

Dne: 24.04.2012

A stylized handwritten signature in black ink, consisting of several loops and sharp angles, positioned above a horizontal dotted line.

Podpis

Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Přemysl Mer, Ph.D. za odbornou pomoc a konzultaci při vytváření této diplomové práce.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá přehledným zpracováním informací o technologiích xDSL, včetně nových trendů ve vývoji. Dále jsou v práci rozebrány hlavní negativní vlivy působící na kvalitu služby ADSL. Těžištěm této práce je měření vlivu vzdálenosti trasy na kvalitu služby. Po změření 4 tras nastavených jako ADSL2+ dle Annex B v zadaných vzdálenostech při použití simulátoru vedení, jsou tyto výsledky zpracovány do přehledné protokolové formy. Z výsledných grafů lze usoudit, jak se bude přenosová rychlost chovat v různých vzdálenostech od DSLAMU. Rovněž si lze udělat názor na spektrum nabízených technologií na českém trhu a jejich možné využití na straně účastníka.

Klíčová slova

xDSL, ADSL, ANNEX B, DSLAM, kvalita služby, vliv útlumu

Abstract

This diploma project concerns xDSL technology overview including new trends in development. Subsequently there are analysed most negative factors that influence ADSL service quality. Essence of this project is to analyse influence of distance on service quality. After measuring 4 ways at ADSL2+ setting according to Annex B in given distances while using wireline simulator all results have been arranged in report overview. On the base of charts it is possible to estimate connection speed in various distances from DSLAM. At the same time this project serves as overview of eligible technologies on czech market and its possible usage on customer site.

Key words

xDSL, ADSL, ANNEX B, DSLAM, quality service, impact attenuation

Seznam použitých zkratek

Zkratka	Anglický význam	Český význam
ATM	Asynchronous Transfer Mode	Asynchronní mód přenosu
DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplexer	Digitální přístupový účastnický multiplexer
QAM	Quadrature amplitude Modulation	Qvadrurně amplitudová modulace
DMT	Discrete multitone Modulation	Diskrétní multitónová modulace
TEQ	Time domain equalization	Oblast časové ekvalizace
ISDN	Integrated Services Digital Network	Integrovaná služba digitální sítě
FEC	Forward error correction	Dopředná chybová korekce
RFI	Radio Frequency Interference	Rádio frekvenční rozhraní
IP	Internet protocol	Internet protokol
B2B	Business to business	Podnikání k podnikání
IPTV	Internet protocol television	Internetový televizní protokol
PC	Personall computer	Osobní počítač
DSL	Digital Subscriber Line	Digtální účastnická linka
ISDL	ISDN Digital Subscriber Line	ISDN digitální účastnická linka
HDSL	High-bite-rate DSL	Vysokorychlostní digitální účastnická linka
SDSL	Symmetric DSL	Symetrické DSL
SHDSL	Single-pair HDSL	Jednopárové HDSL
ADSL	Asymmetric DSL	Asymetrické DSL
VDSL	Very-high-speed DSL	Vysokorychlostní DSL
ISP	Internet service provider	Internetová poskytovatel služeb

Obsah

1	Úvod	1
2	Přehled technologie ADSL	2
2.1	Obecná struktura	2
2.2	Přehled rodinných specifikací xDSL	3
2.2.1	ADSL specifikace	3
2.2.2	IDSL	6
2.2.3	HDSL Specifikace	6
2.2.4	VDSL Specifikace	6
2.2.5	Přehled xDSL technologií z hlediska Frekvenčního pásma	7
2.2.6	ADSL – rozdělení dle standardu	8
2.2.7	Rozdíl mezi Annex A a Annex B	8
2.2.8	xDSL podle roku	9
2.2.9	Nabídka připojení xDSL na českém trhu	10
3	Přehled parametrů ovlivňující kvalitu služby v ADSL	11
3.1	Vnější vlivy	11
3.1.1	Impulsní rušení	11
3.1.2	Vysokofrekvenční rušení	11
3.2	Vnitřní vlivy	11
3.2.1	Tepelný a výstřelový šum	11
3.2.2	Kvantizační šum	12
3.2.3	Zbytkový odrazový šum	12
3.2.4	Přeslech typu NEXT	12
3.2.5	Přeslech typu FEXT	13
3.3	Vedení v telekomunikacích	13
3.4	Symetrické vedení	14
3.5	Jevy ovlivňující útlum symetrických vedení	14
3.5.1	Primární parametry mající vliv na útlum vedení	14

3.5.2	Fyzikální jevy ovlivňující útlum vedení	15
4	Realizace laboratorních měření vlivu vzdálenosti na službu.....	18
4.1	Blokové schéma zapojení.....	18
4.2	Použité přístroje.....	19
4.2.1	ZyXEL IES-1000M DC.....	19
4.2.2	Simulátor vedení Telebyte 458-3SL.....	20
4.2.3	Modul 458-LM-E20	20
4.2.4	Tester VDSL – VePAL BX100V	20
4.3	Popis jednotlivých kanálů DSLAMU – ADSL2+, Annex B.....	21
4.4	Postup měření	22
4.5	Tabulka měřených vzdáleností	22
4.6	Zhodnocení měření na trase č.1	23
4.6.1	Vyhodnocení aktuální rychlosti Uploadu	23
4.6.2	Vyhodnocení aktuální rychlosti Downloadu	23
4.6.3	Vyhodnocení hodnot útlumu	24
4.6.4	Přenášené bity v subkanálech.....	24
4.6.5	Odstup signálu od šumu	25
4.7	Zhodnocení měření na trase č.2.....	26
4.7.1	Vyhodnocení aktuální rychlosti Uploadu	26
4.7.2	Vyhodnocení aktuální rychlosti Downloadu	26
4.7.3	Vyhodnocení hodnot útlumu trasy	27
4.7.4	Přenášené bity v subkanálech.....	27
4.7.5	Odstup signálu od šumu	28
4.8	Zhodnocení měření na trase č.3.....	29
4.8.1	Vyhodnocení aktuální rychlosti Uploadu	29
4.8.2	Vyhodnocení aktuální rychlosti Downloadu	30
4.8.3	Vyhodnocení hodnot útlumu trasy	30
4.8.4	Přenášené bity v subkanálech.....	31

4.8.5	Odstup signálu od šumu	32
4.9	Zhodnocení měření na trase č. 12.....	33
4.9.1	Vyhodnocení aktuální rychlosti Uploadu	33
4.9.2	Vyhodnocení aktuální rychlosti Downloadu	33
4.9.3	Vyhodnocení hodnot útlumu trasy	34
4.9.4	Přenášené bity v subkanálech	34
4.9.5	Odstup signálu od šumu	35
4.10	Vyhodnocované trasy společně	36
4.10.1	Vyhodnocení aktuální rychlosti downloadu – všechny trasy dohromady	36
4.10.2	Vyhodnocení aktuální rychlosti uploadu – dvě měřené trasy	37
4.10.3	Příklad charakteristiky závislosti útlumu pro všechny trasy – download.....	37
4.10.4	Závěrečný přehled	38
5	Závěr.....	40
6	Použitá literatura.....	41
7	Seznam příloh.....	i
1	Adresářová struktura přiloženého CD	ii
2	PROTOKOL Z MĚŘENÍ NA TRASE Č.1	iii
2.1	Zadání.....	iii
2.2	Použité měřicí přístroje.....	iii
2.3	Postup měření	iii
2.4	Tabulka naměřených hodnot - Download	iv
2.5	Tabulka naměřených hodnot – Upload.....	v
2.6	Grafické vyhodnocení	vii
2.7	Závěr formou shrnující tabulky	xiv
3	PROTOKOL Z MĚŘENÍ NA TRASE Č.2.....	xv
3.1	Zadání.....	xv
3.2	Použité měřicí přístroje.....	xv
3.3	Postup měření	xv

3.4	Tabulka naměřených hodnot - Download	xvi
3.5	Tabulka naměřených hodnot – Upload.....	xvii
3.6	Grafické vyhodnocení	xviii
3.7	Závěr formou shrnující tabulky	xxv
4	PROTOKOL Z MĚŘENÍ NA TRASE Č.3	xxvi
4.1	Zadání.....	xxvi
4.2	Použité měřicí přístroje.....	xxvi
4.3	Postup měření	xxvi
4.4	Tabulka naměřených hodnot - Download	xxvii
4.5	Tabulka naměřených hodnot – Upload.....	xxviii
4.6	Grafické vyhodnocení	xxx
4.7	Závěr formou shrnující tabulky	xxxvii
5	PROTOKOL Z MĚŘENÍ NA TRASE Č.12.....	xxxviii
5.1	Zadání.....	xxxviii
5.2	Použité měřicí přístroje.....	xxxviii
5.3	Postup měření	xxxviii
5.4	Tabulka naměřených hodnot - Download	xxxix
5.5	Tabulka naměřených hodnot – Upload.....	xl
5.6	Grafické vyhodnocení	xlii
5.7	Závěr formou shrnující tabulky	xlviii

Seznam obrázků

<i>Obrázek 2-1 Blokové schéma přístupu k internetu.....</i>	<i>2</i>
<i>Obrázek 2-2 Frekvenční pásmo ADSL (Annex A).....</i>	<i>3</i>
<i>Obrázek 2-3 Blokové schéma DMT modulace</i>	<i>4</i>
<i>Obrázek 2-4 Použití frekvenčního pásma Annex A a Annex B[4].....</i>	<i>9</i>
<i>Obrázek 2-5 xDSL dle časového rozdělení [12].....</i>	<i>9</i>
<i>Obrázek 2-6 Rychlosti nabízené společností T-mobile.....</i>	<i>10</i>
<i>Obrázek 3-1 Přeslech typu NEXT</i>	<i>12</i>
<i>Obrázek 3-2 Přeslech typu FEXT.....</i>	<i>13</i>
<i>Obrázek 3-3 Symetrické kabelové prvky.....</i>	<i>14</i>
<i>Obrázek 3-4 Schématické znázornění rozložení proudu ve vodiči</i>	<i>16</i>
<i>Obrázek 3-5 Příklad působení jevu blízkosti [10].....</i>	<i>17</i>
<i>Obrázek 3-6 Závislost měrného útlumu na teplotě [10].....</i>	<i>17</i>
<i>Obrázek 4-1 Blokové schéma zapojení.....</i>	<i>18</i>
<i>Obrázek 4-2 Ilustrační foto DSLAMU – v laboratoři byl DSLAM s 12 porty ADSL2+.....</i>	<i>19</i>
<i>Obrázek 4-3 Informační obrázek Simulátoru Telebyte se třemi moduly.....</i>	<i>20</i>
<i>Obrázek 4-4 Modul Simulátoru vedení 458-LM-E20.....</i>	<i>20</i>
<i>Obrázek 4-5 Tester VePAL.....</i>	<i>21</i>
<i>Obrázek 4-6 Graf aktuální přenosové rychlosti uploadu</i>	<i>23</i>
<i>Obrázek 4-7 Graf aktuální přenosové rychlosti downloadu</i>	<i>23</i>
<i>Obrázek 4-8 Graf závislosti útlumu na délce trasy</i>	<i>24</i>
<i>Obrázek 4-9 Graf závislosti počtu přenášených bitů v subkanálech.....</i>	<i>25</i>
<i>Obrázek 4-10 Graf závislosti odstupu SNR na kanálech.....</i>	<i>25</i>
<i>Obrázek 4-11 Graf aktuální přenosové rychlosti uploadu.....</i>	<i>26</i>
<i>Obrázek 4-12 Graf aktuální přenosové rychlosti downloadu</i>	<i>26</i>
<i>Obrázek 4-13 Graf závislosti útlumu na délce trasy</i>	<i>27</i>
<i>Obrázek 4-14 Graf závislosti počtu přenášených bitů v subkanálech.....</i>	<i>28</i>
<i>Obrázek 4-15 Graf závislosti odstupu SNR na kanálech.....</i>	<i>28</i>
<i>Obrázek 4-16 Graf aktuální přenosové rychlosti uploadu.....</i>	<i>29</i>
<i>Obrázek 4-17 Graf aktuální přenosové rychlosti downloadu</i>	<i>30</i>
<i>Obrázek 4-18 Graf závislosti útlumu na délce trasy</i>	<i>30</i>
<i>Obrázek 4-19 Příklad rozložení bitů subkanály - generováno testerem</i>	<i>31</i>
<i>Obrázek 4-20 Graf závislosti počtu přenášených bitů v subkanálech.....</i>	<i>32</i>
<i>Obrázek 4-21 Graf závislosti odstupu SNR na kanálech.....</i>	<i>32</i>

<i>Obrázek 4-22 Graf aktuální přenosové rychlosti uploadu</i>	<i>33</i>
<i>Obrázek 4-23 Graf aktuální přenosové rychlosti downloadu</i>	<i>33</i>
<i>Obrázek 4-24 Graf závislosti útlumu na délce trasy</i>	<i>34</i>
<i>Obrázek 4-25 Graf závislosti počtu přenášených bitů v subkanálech.....</i>	<i>35</i>
<i>Obrázek 4-26 Graf závislosti odstupů SNR na kanálech.....</i>	<i>35</i>
<i>Obrázek 4-27 Graf aktuální přenosové rychlosti downloadu</i>	<i>36</i>
<i>Obrázek 4-28 Graf aktuální přenosové rychlosti uploadu</i>	<i>37</i>
<i>Obrázek 4-29 Graf závislosti útlumu na délce trasy</i>	<i>37</i>
<i>Obrázek 2-1Blokové schéma zapojení.....</i>	<i>iii</i>
<i>Obrázek 3-1Blokové schéma zapojení.....</i>	<i>xv</i>
<i>Obrázek 4-1Blokové schéma zapojení.....</i>	<i>xxvi</i>
<i>Obrázek 5-1Blokové schéma zapojení.....</i>	<i>xxviii</i>

Seznam tabulek

<i>Tabulka 2-1 Přehled frekvenčního rozdělení xDSL technologií.....</i>	<i>7</i>
<i>Tabulka 2-2 Rozdělení ADSL dle ITU standardu.....</i>	<i>8</i>
<i>Tabulka 2-3 Rychlosti nabízené společností Telefonica 02.....</i>	<i>10</i>
<i>Tabulka 4-1 Popis jednotlivých kanálů DSLAMU</i>	<i>22</i>
<i>Tabulka 4-2 Použité vzdálenosti na simulátoru vedení s krokem 150 v metrech.....</i>	<i>22</i>
<i>Tabulka 4-3 Přehled - Bity nesené subkanály trasy č.1</i>	<i>24</i>
<i>Tabulka 4-4 Přehled - Bity nesené subkanály trasy č.2</i>	<i>27</i>
<i>Tabulka 4-5 Přehled - Bity nesené subkanály trasy č.3</i>	<i>31</i>
<i>Tabulka 4-6 Přehled - Bity nesené subkanály trasy č.12</i>	<i>34</i>
<i>Tabulka 4-7 Tabulkové zhodnocení trasy č.1</i>	<i>38</i>
<i>Tabulka 4-8 Tabulkové zhodnocení trasy č.2</i>	<i>38</i>
<i>Tabulka 4-9 Tabulkové zhodnocení trasy č.3</i>	<i>39</i>
<i>Tabulka 4-10 Tabulkové zhodnocení trasy č.12</i>	<i>39</i>

1 Úvod

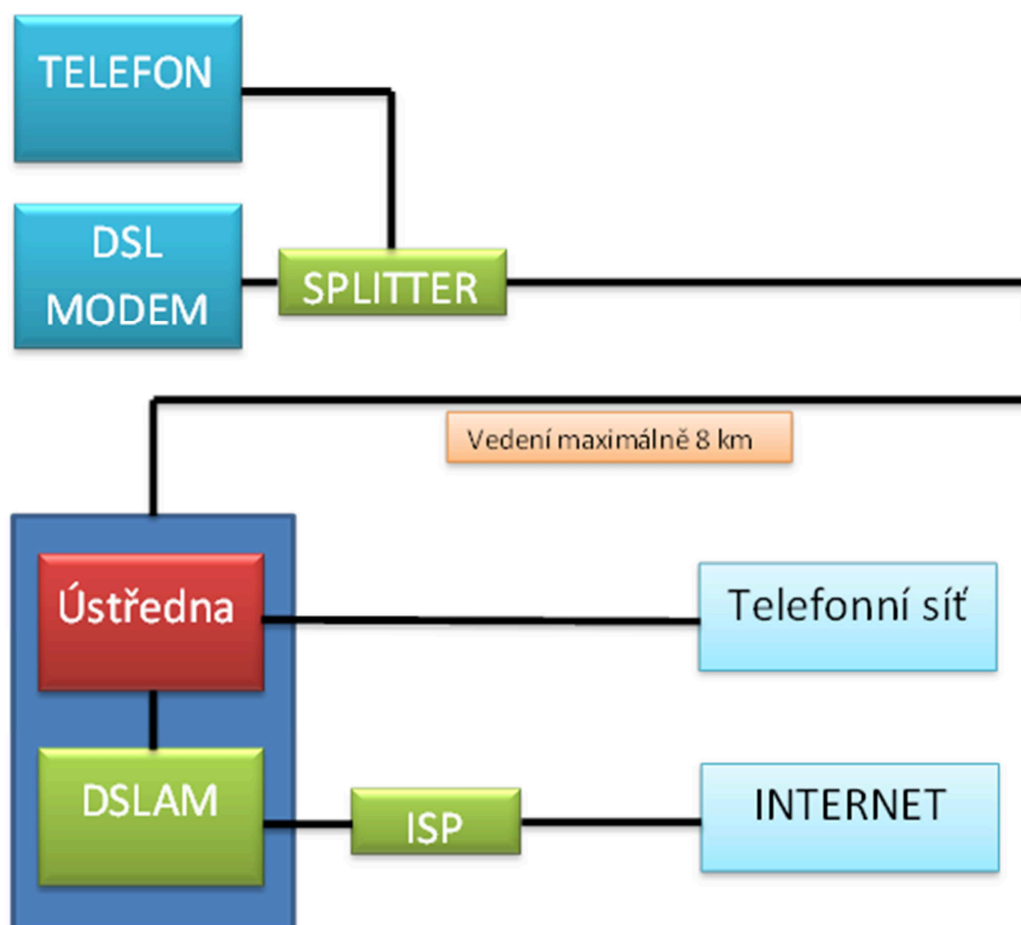
Cílem této práce je dopodrobna rozebrat vysoce rozšířenou technologii xDSL tak, aby i laik byl schopen si udělat obrázek o službách nabízených na trhu poskytovateli připojení a byl schopen si udělat rámcovou představu o tom, jak vlastní služba funguje a o tom, že o kvalitě přenosu rozhoduje více faktorů. Zájemce o tento druh připojení by měl vědět, že nabízené rychlosti jsou jen maximální možné, nikoliv zaručené a jen zřídka kdy dosažitelné. Zabývat se budu především vlivy působícími na přenosové vedení od ústředny k účastníkovi, jehož parametry nejvíce ovlivňují kvalitu služby. Na internetu a v literatuře lze o této tématice nalézt nepřehledné množství informací, ovšem nikde jsem nenalezl komplexní a ucelené informace. Doufám tedy, že mnou sesbírané poznatky a provedené měření, dostatečně vystihnou danou tematiku a její přínos bude, i pro méně znalou veřejnost, dostatečný. Ze zpracované analýzy naměřených hodnot lze přibližně zjistit, v jakých přenosových rychlostech by se eventuální zájemce o připojení mohl pohybovat.

2 Přehled technologie ADSL

Technologie označovaná jako xDSL pochází z anglického Digital Subscriber Line – digitální účastnická linka. Tato technologie se v nejhojnější míře používá k připojení na internet. K tomuto využívá stávající telefonní dvoudrátové vedení. Jako xDSL se označuje skupina specifikací, které podrobněji popíšu níže. Jedná se o DSL (Digital Subscriber Line), IDSL (ISDN DSL), HDSL (High-bit-rate DSL), SDSL (Symmetric DSL), SHDSL (Single-pair HDSL), ADSL (Asymmetric DSL), VDSL (Very-high-speed DSL). Přední výhodou těchto technologií je využití stávajícího vedení.

Další možné rozdělení je na základě přenosové rychlosti ve směru dat od uživatele a k uživateli (Upload, Download). Dělíme tedy na asymetrické DSL a symetrické DSL. V prvním případě je poskytnuta větší přenosová kapacita Downloadu a menší Uploadu. Symetrické DSL má rychlost v obou směrech stejnou.

2.1 Obecná struktura



Obrázek 2-1 Blokové schéma přístupu k internetu

2.2 Přehled rodinných specifikací xDSL

2.2.1 ADSL specifikace

Tato technologie se řadí do skupiny s asymetrickou rychlostí přenosu, což plyne i ze samotného označení. Rychlost dat směrem k uživateli může dosahovat rychlosti až 8Mbit/s, což je 8x více, než ve směru odchozím. ADSL, jak již bylo řečeno, využívá klasické telefonní dvoudrátové vedení. Hlavní výhodou pak je, že používá pro datový přenos jinou frekvenci než pro přenos hlasu, lze tedy používat stávající hlasové technologie a zároveň využívat datového přenosu.

Pro využití technologie musí být ústředna vybavená DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer), tedy zařízením, které soustředí data od většího počtu uživatelů ADSL. Takto soustředěná data jsou přiváděna například do sítě ATM. Na straně uživatele stačí klasická telefonní přípojka, ADSL modem a splitter (zařízení sloužící k rozdělení frekvenčního pásma).

Z hlediska frekvenčního pásma pracuje v přeloženém pásmu od 25kHz do 1,1 Mhz. Subpásma mají šířku 4,3125 kHz, přičemž maximální počet subkanálů je 256.



Obrázek 2-2 Frekvenční pásmo ADSL (Annex A)

Modulace používané u ADSL

Druh používané modulace je odvislý především od výrobce koncového ADSL zařízení. Nejčastější zde používané modulace jsou (QAM, CAP a DMT). Modulaci CAP a QAM používají výrobci zejména ve spojených státech. Systémy používající DMT nebo CAP/QAM jsou však kompatibilní. Vývojem DMT modulace se zabývaly firmy jako Ericsson, Alcatel, Orcit nebo Amati, které tuto vzájemnou kompatibilitu zajistily.

CAP modulace

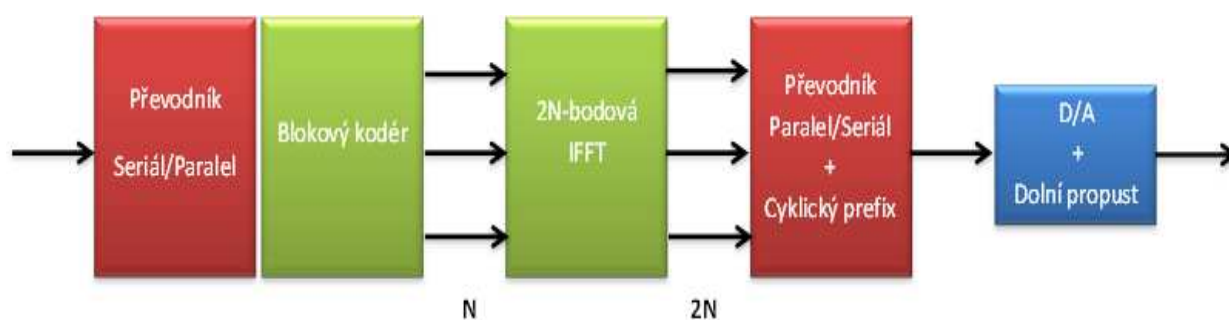
Amplitudová fázová modulace bez nosné. Provádí se za pomoci digitálních transversálních pásmových filtrů. Impulzní odezva je stejná jako u QAM modulace, co se amplitudové charakteristiky týče, avšak fázové se liší od 90 stupňů.

QAM modulace

Neboli kvadrurní amplitudová modulace QAM. Je prováděna pomocí kvadrurního modulátoru se sinusovou a kosinusovou směšovací funkcí.

Modulace DMT

Základní rozdíl mezi QAM/CAP a DMT spočívá v tom, že prvně zmíněné využívají při přenosu pouze jeden nosný kmitočet, přičemž modulace DMT má těchto kmitočetů více.



Obrázek 2-3 Blokové schéma DMT modulace

Proces přenosu dat lze vyčíst z obrázku (Obrázek 2-3), kde v prvním bloku jsou na vstup přivedeny sériová data, která samotný převodník převede na data paralelní. Poté se kódem daná paralelní data seskupí do bloků, kde N je délka bloku v bajtech a ta je rovna délce symbolu. Posléze se data dělí do subkanálů a přenáší se na jednotlivých nosných. Počet přenášených bitů není pevně daný. Dále v každém kanále probíhá modulace QAM, při níž se vytváří uspořádání pro kanál. V dalším bloku se nyní data z paralelních převedou na sériový tok a přidá se tzv. Cyklický prefix, pomocí něj se vytvoří oddělení mezi jednotlivými sousedními symboly a sníží se tak interference mezi jednotlivými symboly. Cyklický prefix taky zabezpečuje synchronizace. U ADSL systémů se používá délka 8,32 nebo 40 vzorků. V přijímači je CP odstraněn. Dále je v přijímači $2N$ reálných hodnot demodulováno pomocí $2N$ -bodové transformace FFT, která přetransformuje signál z časové do frekvenční oblasti.

Dalším nezbytným krokem u DMT systémů je úprava signálu a v časové oblasti (TEQ) a úprava ve frekvenční oblasti FEQ. Ekvalizace (úprava) TEQ zkracuje impulzní odezvu kanálu na délku jednoho cyklického prefixu a FEQ ekvalizace koriguje amplitudu a fázi signálu v jednotlivých subkanálech.

Analogové a digitální převodníky musí mít definovaný vysoký dynamický rozsah a především přesnost. Dolní propust se používá pro potlačení vyšších harmonických, vznikajících při digitálním zpracování.

Echo cancelling

Jedná se o problém, který vzniká při vysílání signálu po telefonickém vedení, kdy se část vyslaného signálu vrací zpět k vysílači. Způsobují ho zejména nelinearity na vedení, můstkové odbočky, nejvíce pak telekomunikační vidlice. Signál vyslaný z druhé strany tedy obsahuje i rušivou složku, takzvané echo. Tento odražený signál řadíme mezi aditivní šum, lze jen odstranit např. pomocí digitálního filtru. [9]

Protichybové kódy

Stejně jako u jiných datových přenosu, tak i u ADSL je potřeba zabezpečit přenos dat proti chybám, zejména těm, které způsobují vlivy popsané v další kapitole. Maximální hranice stanovená pro ADSL tzv. BER na 10^{-7} .

Kódy zabezpečující přenos můžeme rozdělit do dvou kategorií a to:

1. Zabezpečení zprávy
 - Reeduv – Solomonův kód (R-S). Kód dokáže opravit chyby, jejichž charakteristika je daná krátkými úseky bitového toku, při velké hustotě chyb.
2. Zabezpečení modulace
 - Mřížkový trellis code – zabezpečuje spojitě posloupnost dat. Kódování je závislé na předchozím průběhu zprávy. Musí být vybaven pamětí.
 - Trellis modulace – jedná se o spojení kvadrurní modulace QAM s konvolučním kódováním.
 - Viterbiho dekódování – dekódování využívá principu pravděpodobnostního dekódování po úsecích.

2.2.1.1 ADSL2

Oproti základní verzi ADSL je ADSL2 vylepšená o vyšší překlenutelnou vzdálenosti a maximální možnou dosahovanou rychlost 15Mbit/s a 1,8 Mbit/s zpětně (kratší záhlaví). Vylepšen byl také možný dosah a zvýšena odolnost proti rušení. Využití pásma od 4,3 kHz. Dále využití 15bitů na jednu nosnou.

2.2.1.2 ADSL2+

Tato verze nabízí již 24Mbit/s ve směru k uživateli a 1Mbit/s směrem k ústředně. Rozšířilo se zde přenosové pásmo a to do 2,208 MHz

2.2.2 IDSL

Tato základní verze rodiny xDSL, taky nazývaná DSL, vychází z ISDN. Nabízí 2x64kbit/s+16kbit/s (+16kbit/s pro službu) – dohromady 144 kb/s. Tato rychlost je pevná a její variabilita není možná. Lze překlenout vzdálenost zhruba do desíti kilometrů v závislosti na použitém průřezu vedení. Pro přenos se zde používá linkový kód 2B1Q. Jedná se o duplexní přenos. Tato technologie se nerozšířila a to především proto, že ostatní technologie z rodiny xDSL nabízejí podstatně lepší parametry.

2.2.3 HDSL Specifikace

HDSL pracuje na 2 či 3 metalických párech. Maximální dosažitelná přenosová rychlost je 2Mbit/s, přičemž maximální délka vedení je zde 5,5km při použití 3 párů. S opakovači je vzdálenost až 20km. Vzhledem ke stejné přenosové rychlosti obousměrně jde o technologii symetrickou. Pro oddělení směrů přenosu se používá metoda potlačení ozvěn. Přenášený signál je kódován pomocí linkového kódu 2B1Q, používají se tedy 4 úrovně signálu. HDSL používají především operátoři při propojování pobočkových ústředí.

2.2.3.1 HDSL2

Jedná se o vylepšenou variantu HDSL. Používá jeden symetrický vodičový pár a kódování TC-PAM (Trellis-Coded Pulse Amplitude Modulation). Přenosové rychlosti se shodují se základní variantou, navýšení tedy neproběhlo.

2.2.3.2 SDSL

Technologie vychází z předešlých HDSL specifikací, avšak disponuje zlepšeným linkovým kódem. Pracuje s jedním párem vedení. Přenos se zajišťuje 16-ti stupňovou amplitudovou modulací, kde 3 bity ze 4 jsou použity na přenos informace, a zbylý jeden bit je určen na kontrolu chyb. Novinkou je možnost variabilní přenosové rychlosti v rozmezí od 192kbit/s do 2,312Mb/s po možném kroku 8kb/s. [4]

2.2.3.3 SHDSL

Přenosová rychlost až 2320 kbit/s, chybová korekce – mřížkový trellis kód. SHDSL má adaptivní režim. Tento systém je symetrický kapacitou a je vhodný pro ty, kteří chtějí data stejně rychle vysílat jako přijímat. Při použití dvou párů současně lze dosáhnout rychlosti až 4,624 Mbit/s.

2.2.4 VDSL Specifikace

VDSL (Very HighBit-Rate Digital Subscriber Line) - jedná se o systémy s vysokou perspektivou do budoucna. Stejně jako ADSL používá asynchronní přenos, pro „download“ až 52

Mbit/s a pro „upload“ maximálně 2,3 Mbit/s. Odlišnost oproti ADSL je širší přenosové pásmo do 12MHz, nutnost frekvenčního dělení, nutnost použití redukce výkonu ve směru „upstream“ a především kratší možná překlenutelná vzdálenost, maximálně 1,2km. Linku lze u této technologie nastavit jak pro symetrický, tak i pro asymetrický přenos. Modulace použité u VDSL systémů jsou DMT, CAP a DWMT. VDSL se dnes prorokuje velká budoucnost.

2.2.4.1 VDSL2

Oproti svému předchůdci tato varianta používá jen jeden typ modulace a to DMT. Rozteč kanálů, stejně jako je tomu u ADSL je 4,3125 kHz. Co se kmitočtového pásma týká, k výraznému rozšíření a to až na horní hranici 30Mhz (při zdvojnásobení rozteče na hodnotu 8,625 kHz mezi subkanály). Teoretická dosažitelná rychlost je dle standartu ITU-T G.993.2 až 250Mbit/s, avšak tu lze dosáhnout prakticky jen ve vzdálenosti velmi blízké nule. Obě technologie, jak ADSL2+, tak VDSL 2 jsou dnešní době to nejlepší, co mohou poskytovatelé připojení nabídnout. Vzhledem k tomu, že obě technologie používají pro realizaci stejné obvody, nemusí se poskytovatelé striktně rozhodnout, kterou technologii vybrat. Stačí pouze podle použité aplikace nastavit počet subkanálů, šířku přenosového pásma a další parametry nutné ke specifikaci dané služby.

2.2.4.2 GDSL

Jedná se o maximalizaci přenosové rychlosti VDSL2, kdy jde o sdružení několika účastnických vedení tzv. bonding, po kterých jsou realizovány přípojky do jednoho skupinového systému, podobně jako SHDSL. U systémů VDSL2, kde se využívá vektorování, o sobě na rozdíl od prostého sdružení samostatných přípojek DSL jednotlivé systémy ví, jde v podstatě eliminovat rušení přeslechem. [12]

2.2.5 Přehled xDSL technologií z hlediska Frekvenčního pásma

Specifikace	ADSL	ADSL2+	VDSL	VDSL2	VDSL2
Vzdálenost mezi subkanály	3412,5	4312,5	4312,5	4312,5	8625
Počet subkanálů	256	512	1972	4096	3479
Šířka pásma	1,1	2,2	8,5	17,7	30

Tabulka 2-1 Přehled frekvenčního rozdělení xDSL technologií

2.2.6 ADSL – rozdělení dle standardu

Název standardu	Běžný název	Download	Upload
ANSI T1.413-1998 Issue 2	ADSL	8 Mbit/s	1 Mbit/s
ITU G.992.1	ADSL (G.DMT)	8 Mbit/s	1 Mbit/s
ITU G.992.1 Annex A	ADSL over POTS	8 Mbit/s	1 Mbit/s
ITU G.992.1 Annex B	ADSL over ISDN	8 Mbit/s	1 Mbit/s
ITU G.992.2	ADSL Lite (G.Lite)	1,5 Mbit/s	0,5 Mbit/s
ITU G.992.3/4	ADSL2	12 Mbit/s	1 Mbit/s
ITU G.992.3/4 Annex J	ADSL2	12 Mbit/s	3,5 Mbit/s
ITU G.992.3/4 Annex L[1]	RE-ADSL2	5 Mbit/s	0,8 Mbit/s
ITU G.992.5	ADSL2+	24 Mbit/s	1 Mbit/s
ITU G.992.5 Annex L[1]	RE-ADSL2+	24 Mbit/s	1 Mbit/s
ITU G.992.5 Annex M	ADSL2+	28 Mbit/s	3,5 Mbit/s

Tabulka 2-2 Rozdělení ADSL dle ITU standardu

2.2.7 Rozdíl mezi Annex A a Annex B

V telekomunikacích se můžeme setkat s různými verzemi DSLAMU, s nichž každý může vycházet z jiného ITU-T G.992.1 doporučení, a to buď ANNEX A nebo ANNEX B. V dnešní době je však v drtivé většině používána varianta ANNEXU B.

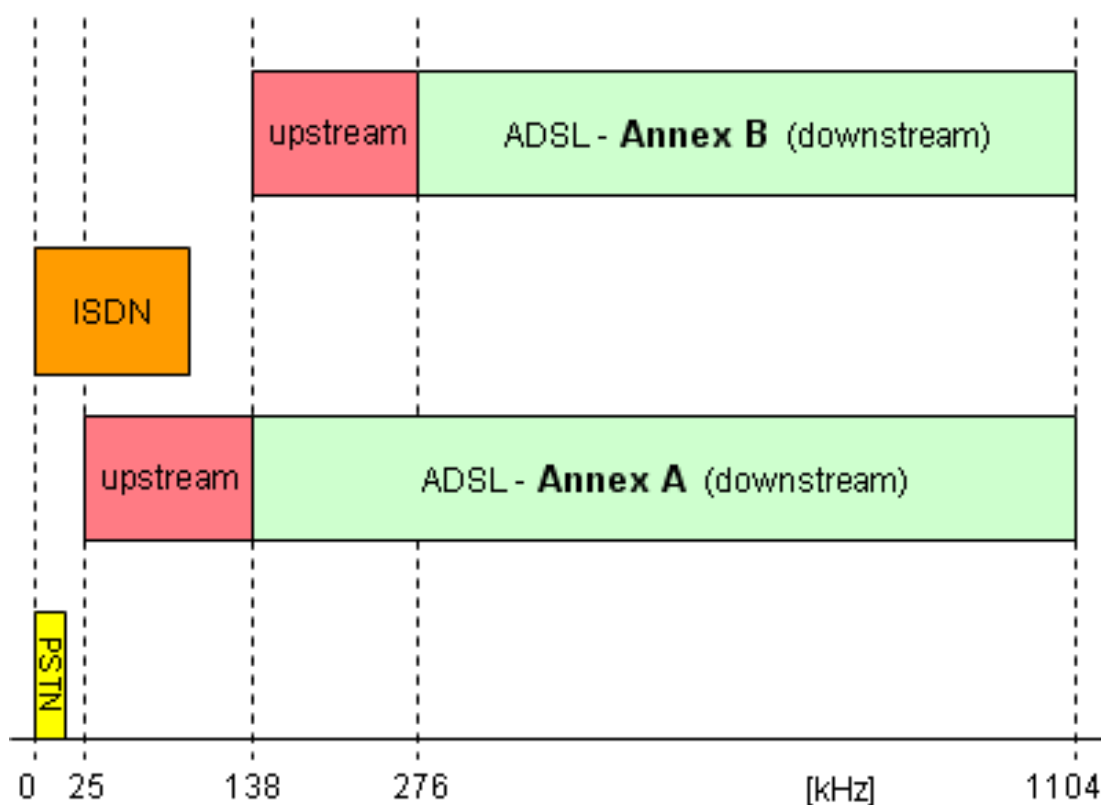
Hlavní rozdíl je v tom, jakým způsobem je využito hovorové pásmo a pásmo pro data.

2.2.7.1 Annex A

Pro potřeby hovorových služeb je používána stávající klasická analogová telefonní linka v pásmu 300 Hz až 3400 Hz. Pro Upload je vymezeno pásmo od 25 kHz do 138 kHz a pro DOWNLOAD od 138kHz do 1104 kHz.

2.2.7.2 Annex B

Zde se namísto hovorových služeb využívá pásmo pro ISDN. Pásmo pro Upload se tedy oproti Annex A posunulo svým počátkem na 138 kHz až 276 kHz. Download začíná na 276 kHz a končí rozsahem stejně jako Annex A, tedy 1104 kHz.



Obrázek 2-4 Použití frekvenčního pásma Annex A a Annex B[4]

2.2.8 xDSL podle roku

Rozdělení xDSL podle časové osy. Posledním krokem ve vývoji GDSL.

	SHDSL (2004) 5,7 Mb/s	ADSL2+ (2004) 24/3 Mb/s	GDSL (2011) 300; 700 Mb/s
IDSL (1997) 144 kb/s	SHDSL (2000) 2,3; 4,6 Mb/s	ADSL2 (2003) 12/0,8 Mb/s	VDSL2 (2006) 50; 68; 100; 200 Mb/s
ISDN (1986) 144 kb/s	HDSL (1992) 1,5; 2,3 Mb/s	ADSL (1998) 6,144/0,64 Mb/s	VDSL (2000) 52/4 Mb/s 28/28 Mb/s

Obrázek 2-5 xDSL dle časového rozdělení [12]

2.2.9 Nabídka připojení xDSL na českém trhu

Uvádím zde jako příklad dva operátory na českém trhu a to firmu Telefonica o2 a firmu T-mobile. Společnost Telefonica o2 v době psaní této diplomové práce nabízela dvě varianty použitých technologií a to ADSL2+ a VDSL2. Podmínkou připojení je nutná dostupnost služby v dané lokalitě, při čemž VDSL2 připojují jen do vzdálenosti 1300m od ústředny. Další poskytovatelé připojení nabízejí prakticky stejné rychlosti, rozdíl je cenový.

ADSL2+ [kbit/s]	VDSL2 [kbit/s]
až 2048/256	až 2048/256
až 6144/512	-
až 8192/512	až 8192/512
až 16384/768	až 16384/1024
-	až 25600/2048

Tabulka 2-3 Rychlosti nabízené společností Telefonica O2

ADSL2+ [kbit/s]	VDSL2 [kbit/s]
-	-
-	-
až 8192/512	-
až 16384/768	až 16384/1024
-	až 25600/2048

Obrázek 2-6 Rychlosti nabízené společností T-mobile

3 Přehled parametrů ovlivňující kvalitu služby v ADSL

V této kapitole chci rozebrat vlivy, které negativně působí na přenosovou kapacitu ADSL. V zásadě se dělí do dvou hlavních skupin, jimiž jsou vnější rušivé vlivy a vnitřní rušivé vlivy. Každá skupina je podrobněji rozebrána.

3.1 Vnější vlivy

3.1.1 Impulsní rušení

Jde o typ rušení, u něž nelze jeho průběh předpokládat. Popsat jej lze intenzitou impulsů, spektrálním rozložením, dobou trvání a v neposlední řadě četností.

Toto rušení vzniká u zdrojů, které tvoří krátkodobé přechodové děje. Nalezneme je kupříkladu okolo elektrických rozvodů, telefonních sítí, strukturované kabeláže.

Elektromagnetickou vazbou působí do páru vedení a způsobují seskupení chyb. Vzhledem k použití Fourierovy transformace v ADSL se impulzní šup šíří na všechny subkanály. Utlumení rušení je možné, díky samoopravných kódů FEC a prokládání dat. [1]

3.1.2 Vysokofrekvenční rušení

Pro vysokofrekvenční rušení (Radio Frequency Interface) jsou zdrojem rádiové vysílače pracující na středních a dlouhých vlnách. Rušení se promítá do všech párů vedení, které nemají žádnou ochranu stíněním, pouze jsou zkrouceny.

Rušení má vliv celé kmitočtové spektrum a je v čase nestálé. Čím blíže je vedení vystaveno rušení, tím je jeho vliv vyšší, intenzita je úměrná.

Největší roli hraje RFI u přenosových systémů s vysokou rychlostí přenosu (VDSL), neboť tyto systémy používají široké kmitočtové spektrum. Musíme tedy s tímto negativním jevem počítat a uzpůsobit mu návrh pro jednotlivé kanály.

3.2 Vnitřní vlivy

3.2.1 Tepelný a výstřelový šum

Ve vodiči mají volné elektrony nekoordinovaný pohyb. Vliv na intenzitu tohoto pohybu má především teplota a to přímo úměrně. Výstřelový šum je způsoben při pohybu elektrických nábojů v polovodiči, elektronů v polovodiči typu N a děr v polovodiči typu P. [1]

3.2.2 Kvantizační šum

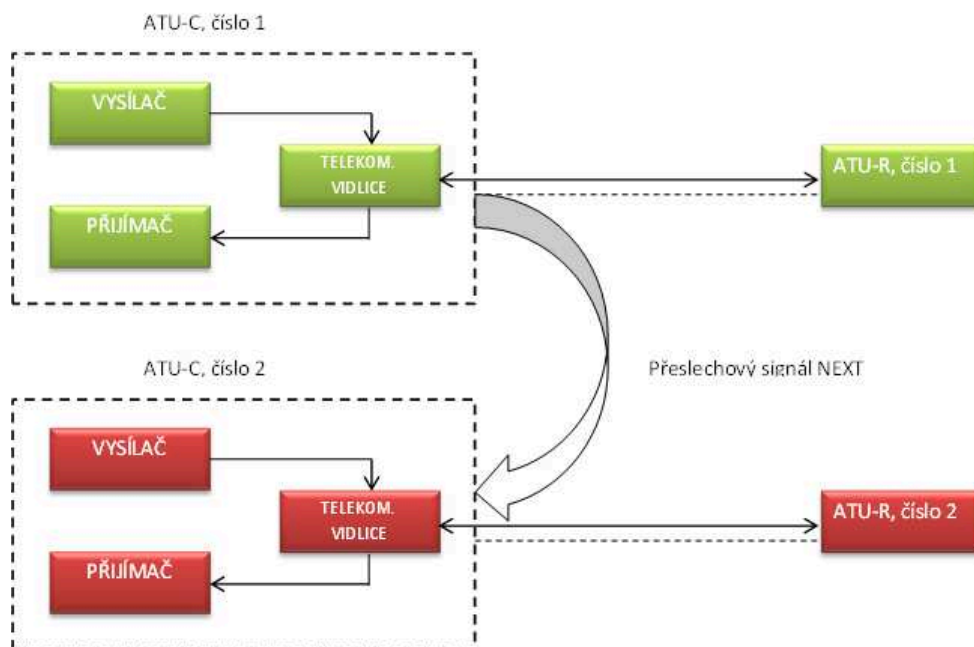
Vzniká při převodu analogového signálu na digitální přes převodník signálu. Obecně analogový signál může nabývat nekonečně mnoho hodnot, kdežto u digitálního převodu signálu je přesnost daná počtem kvantizačních hladin. Pokud bych vynesl velikosti chyb z jednotlivých vzorků do grafu, získal bych náhodný signál, kterému se říká kvantizační šum. Jeho velikost lze vyjádřit jako poměrné číslo v decibelech jako poměr užitečného signálu k šumu.

3.2.3 Zbytkový odrazový šum

Tento šum je složen z odrazových interferencí a zůstává po echo kompenzaci. Echo kompenzaci je zapotřebí provést ještě před kvantizací signálu, neboť amplitudy mohou být vyšší než přijatý signál a způsobit tak zkreslení.

3.2.4 Přeslech typu NEXT

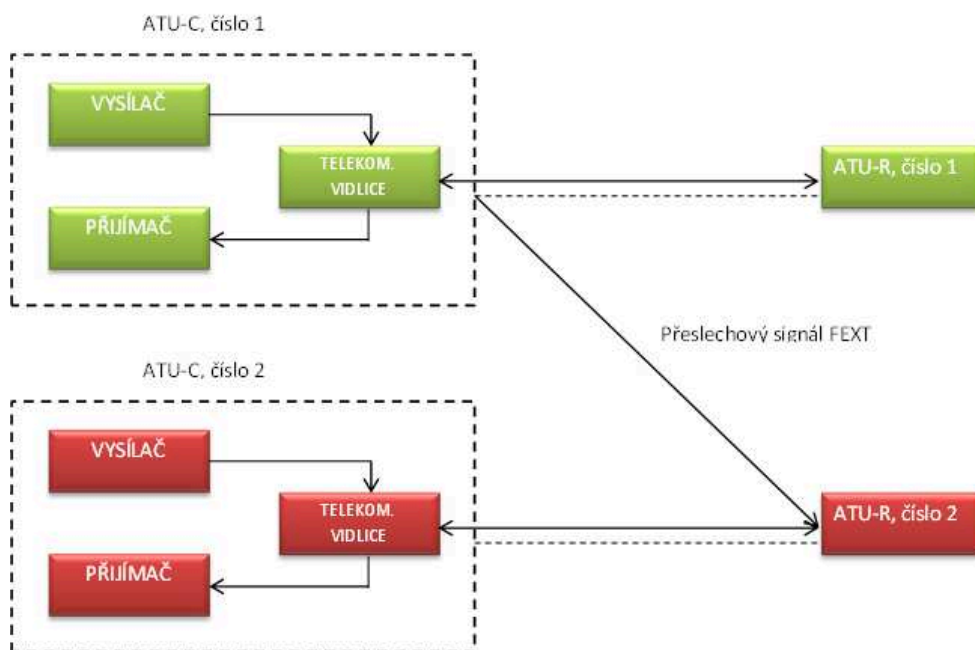
Přeslech na blízkém konci vzniká na společné straně ADSL zařízení. Buď to na straně ústředny nebo na straně účastníků. Vzhledem k tomu, že signál má vysoký výkon, je přeslech typu NEXT velkým zdrojem rušení. Na obrázku níže je uveden případ přeslechu na blízkém konci, kde přeslech nastal na straně ústředny. [3]



Obrázek 3-1 Přeslech typu NEXT

3.2.5 Přeslech typu FEXT

Přeslech na vzdáleném konci má vliv na zařízení na opačném konci, než je zdroj přeslechu. Vzhledem k tomu, že je jeho intenzita snížena o útlum vedení, není vliv tohoto přeslechu tak hrozivý jako u přeslechu na blízkém konci. Obecně platí, že vazby způsobující přeslechy, se s rostoucím kmitočtem zesilují.



Obrázek 3-2 Přeslech typu FEXT

3.3 Vedení v telekomunikacích

Vedení v telekomunikační technice dělíme dle:

Možného uspořádání:

- Symetrické vedení – dvojice paralelních vodičů
- Koaxiální vedení – dvojice souosých vodičů

Podle instalace:

- Nadzemí vedení – zde se setkáváme s hlavními vlivy klimatických podmínek, zejména pak s velkým elektromagnetickým rušením.
- Úložná vedení – jsou zakopány v zemi ve zhruba 80 cm (hloubka, kde již zem nezamrzá) nebo domovní instalace, kde jsou vodiče zkrouceny, např. vedení pro síť, čímž se elektromagnetické rušení částečně eliminuje.

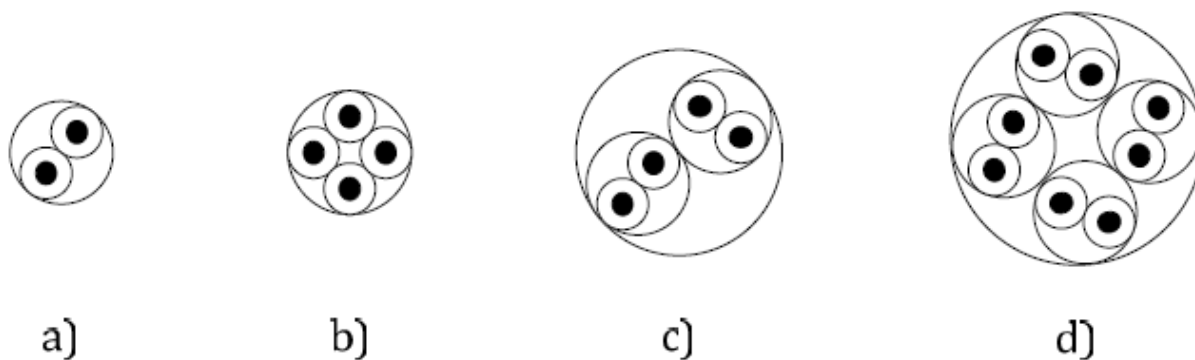
V této práci se zabývám především symetrickým vedením, neboť právě to se v ADSL technice využívá. [41]

3.4 Symetrické vedení

Vedení je tvořeno dvojicí paralelních vodičů. Tyto vodiče se vyznačují stejnou impedancí vůči zemi, odtud také pochází jejich název (symetrická). Jednotlivé vodiče se skládají z měděného jádra s průměry od 0,4 do 0,9 mm. Izolaci kolem jádra tvoří PE, PVC či papírová vrstva. [12]

Stáčení více izolovaných žil, tedy jádra společně s izolací vznikají kabelové prvky. Typy symetrických prvků:

- Symetrický pár a)
- X čtyřka b)
- DM čtyřka c)
- Čtyři páry d)



Obrázek 3-3 Symetrické kabelové prvky

3.5 Jevy ovlivňující útlum symetrických vedení

Tato část diplomové práce má největší dopad na samotné měření a zhodnocení, neboť nejvíce ovlivňuje kvalitu služby. Útlum vedení má největší vliv na přenosovou kapacitu, proto si jej zde rozeberu podrobněji. [1]

3.5.1 Primární parametry mající vliv na útlum vedení

Výsledný útlum je dán známým velmi známým vztahem pro výpočet:

$$A = \alpha \cdot l$$

A útlum v dB;

α měrný útlum v dB/km;

l délka vedení v km

Pro měrný útlum kabelového vedení platí:

$$\alpha = \operatorname{Re}\{\gamma\} = \operatorname{Re}\left\{\sqrt{(R + j\omega L) \cdot (G + j\omega C)}\right\}$$

γ	měrná míra přenosu
R	měrný odpor v ohm/km
L	měrná indukčnost v H/km
G	měrný svod v S/km
C	měrná kapacita v F/km
ω	úhlová frekvence

Další důležitý parametr mající vliv na přenos je charakteristická impedance Z_c v ohmech.

$$Z_c = \sqrt{\frac{(R + j\omega L)}{(G + j\omega C)}}$$

Dále platí:

$$\alpha = \frac{R}{2} \cdot \sqrt{\frac{C}{L}} + \frac{G}{2} \cdot \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Z výše uvedených vztahů vyplývá, že měrný odpor je nepřímo úměrný impedanci, čím větší Z_c , tím je α menší. Ovlivnit útlum vedení lze tedy změnou měrného odporu R (snížením), což znamená zvětšení průřezu. Dále pak zmenšením měrné kapacity C , tedy vodiče dále od sebe (lze jen těžko) nebo použít izolační hmotu s nízkou hodnotou permitivity. Posledním ovlivnitelným parametrem je zvýšení indukčnosti, to lze provést například ovitím vodiče kupříkladu drátem.

3.5.2 Fyzikální jevy ovlivňující útlum vedení

Mezi tyto parametry patří jev blízkosti, povrchový jev a v neposlední řadě má negativní vliv teplota.

3.5.2.1 Povrchový jev (*skin efekt*)

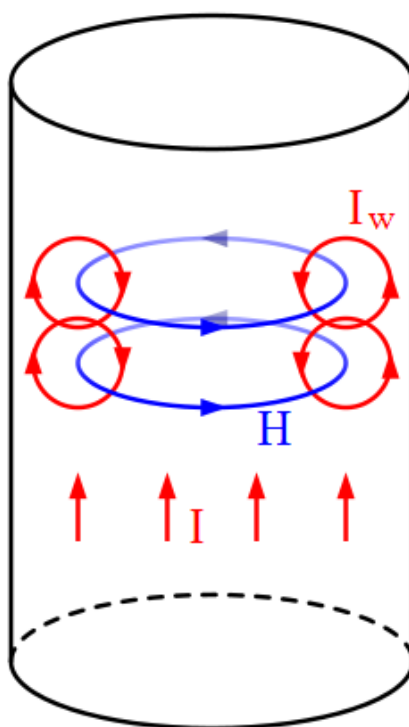
Jedná se o jev, při kterém dochází k vytlačování elektrického proudu k povrchu vodiče. Elektrický proud procházející vodičem uzavírá kolem sebe siločáry magnetického (indukčního) toku. Část tohoto toku prochází i tím samým vodičem a indukuje v něm uzavřené vířivé proudy. Tyto vířivé proudy mají blíže ke středu vodiče opačný směr než původní elektrický proud a odečítají se od něj, kdežto blíže k povrchu jsou směry souhlasné a proudy se sčítají.

Důležitou informací je, že do 20kHz je povrchový jev zanedbatelný a při průchodu stejnosměrného proudu vodičem se netvoří žádný.

Tloušťka vrstvy d_s , v níž je veden proud o frekvenci f se určí ze vztahu:

$$d_s = \sqrt{\frac{\rho}{f\pi\mu}}$$

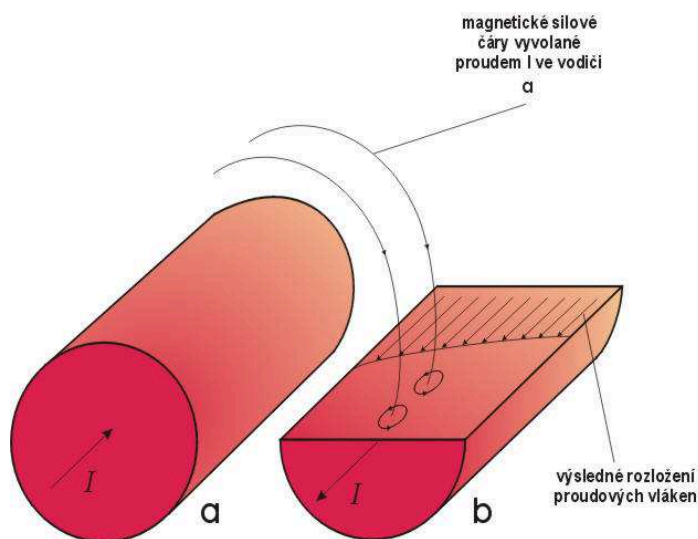
d_s je v mm, f je v kHz, ρ je měrná rezistivita vodiče v $\Omega\text{mm}^2/\text{km}$



Obrázek 3-4 Schématické znázornění rozložení proudu ve vodiči

3.5.2.2 Jev blízkosti

Stejně jako u povrchového jevu má jev blízkosti vliv na výsledné rozložení proudové hustoty a způsobuje zvětšení měrného odporu. Vnější siločáry vyvolané jedním vodičem působí na vznik dílčích proudů v druhém vodiči, které na bližší straně k prvnímu vodiči proud zvětší, na vzdálenější naopak zmenší. Jev blízkosti jakmile dosáhne určitého kmitočtu, svou intenzitu již nadále nezvětšuje, ale zůstane rovnovážný. [1]



Obrázek 3-5 Příklad působení jevu blízkosti [10]

3.5.2.3 Vliv teploty na vedení

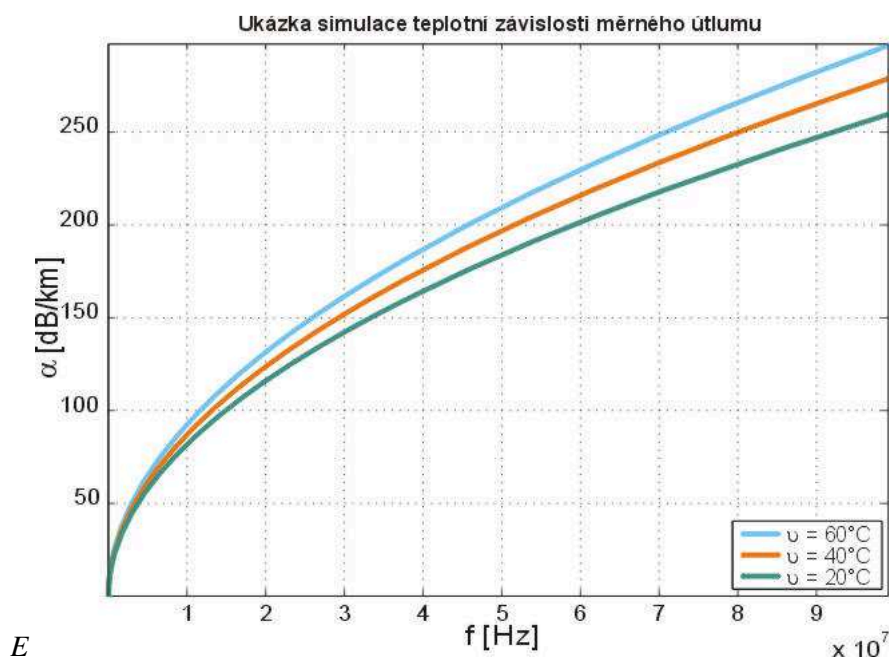
Tento vliv ve srovnání s předcházejícími jevy již není tolik markantní, svou roli však rozhodně hraje. Parametr, který teplota ovlivňuje je stejnosměrný odpor R_0 , který je součástí celkového měrného odporu. Odpor roste s teplotou dle známého vztahu:

$$R_{\vartheta} = R_{20}[1 + \sigma(\vartheta - 20)]$$

R_{ϑ} stejnosměrný odpor v ohm při teplotě ϑ ve stupních celsia

R_{20} stejnosměrný odpor při teplotě $\vartheta=20^{\circ}\text{C}$ v ohm

σ teplotní součinitel; pro CU je $\sigma=0,004$

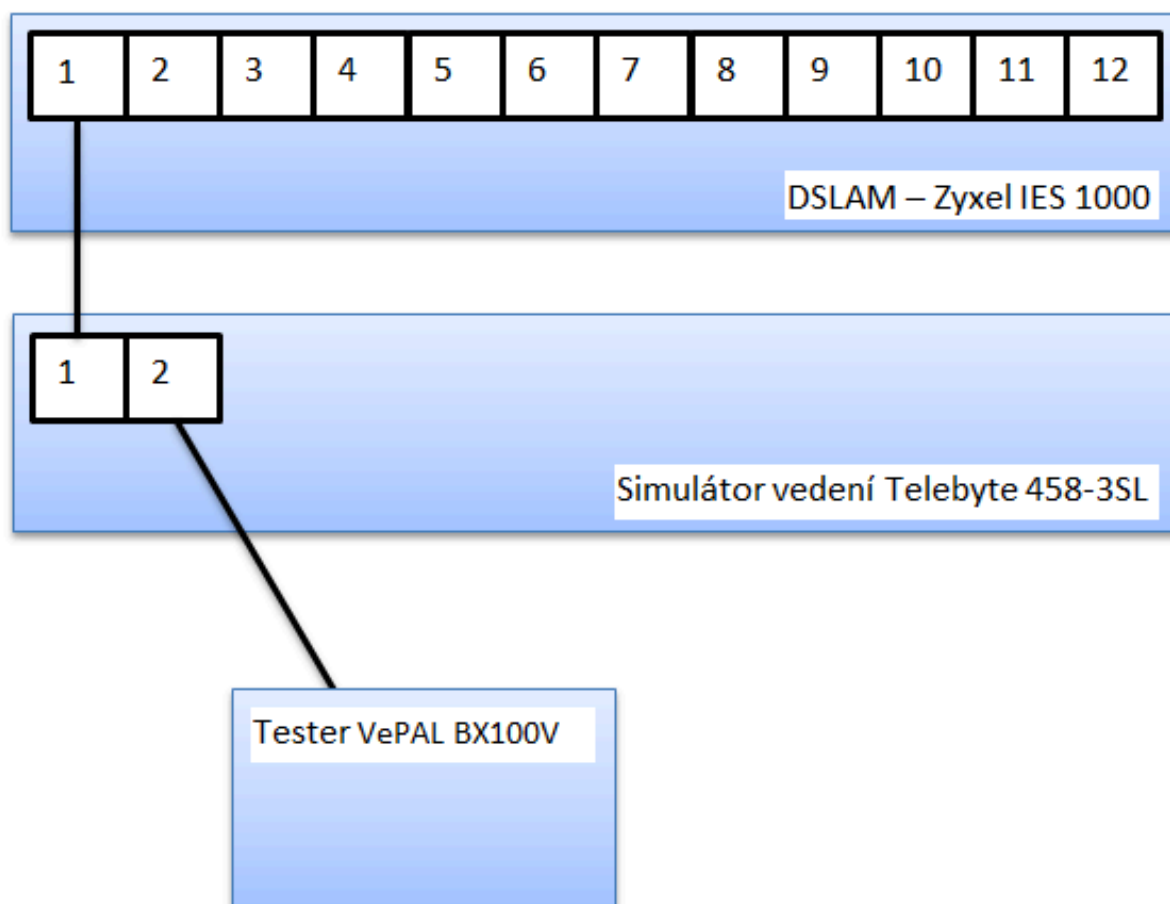


Obrázek 3-6 Závislost měrného útlumu na teplotě [10]

4 Realizace laboratorních měření vlivu vzdálenosti na službu

Samotná realizace měření vzdálenosti probíhala v učebně VŠB, je tedy třeba podotknout, že výsledky měření jsou laboratorní a při měření v reálném provozu se mohou mírně lišit z důvodu dalších kabeláží tažených poblíž, ohyby, rušení. Především zde byl eliminován vliv přeslechů. Více se lze o rušivých vlivech dozvědět v kapitole zabývající se vlivy na kvalitu služby.

4.1 Blokové schéma zapojení



Obrázek 4-1 Blokové schéma zapojení

4.2 Použité přístroje

Níže uvedené přístroje mi byly k dispozici v laboratoři Vysoké školy báňské v budově N.

4.2.1 ZyXEL IES-1000M DC

Jedná se o Multi-service mini IP DSLAM se stejnosměrným napájením. Velkou přesností tohoto zařízení je flexibilní konektivita. Všechny modulární IP DSLAMy používají kartu MSC1000A. Tato karta nabízí čtyři Gigabit Ethernet rozhraní pro snadnou integraci do stávající stromové či kruhové topologie. ZyXEL nabízí široký výběr transceiverů pro různá bublinková média.

Tento DSLAM disponuje vysokou variabilitou přenosových rychlostí. Veškeré modely nabízí G.SHDSL a ADSL/ADSL2+ . Disponuje rychlostmi od 128 kb/s až do 24 Mb/s na vzdálenost až 6 km.

Zařízení podporuje VLAN sítě, díky nimž lze segmentovat poskytované služby. Každý stálý virtuální obvod, může být konfigurován a mapován s různými prioritami paketů. Poskytovatelé služeb tak mohou rozlišovat pravidla služeb pro Internet, VoIP či multimédia. Díky VLAN IP Express mohou poskytovatelé služeb nabízet vysoce bezpečné B2B intranetové služby.

Vzdálená správa za pomoci NetAtlas EMS umožňuje spravovat základní konfiguraci, zabezpečovat výkon a spoustu dalších funkcí, díky nimž pomáhá snižovat provozní náklady.

Funkce:

DSLAM podporuje SHDSL technologii, ADSL a ADSL2+ přes POTS/ISDN spolu s vestavěným splitterem. IES-1000 disponuje dvěma sloty pro 8-portové SHDSL karty nebo 12-portové ADSL2+ karty s CO splitterem. Každý ADSL nebo SHDSL modul podporuje 10/100BaseT.



Obrázek 4-2 Ilustrační foto DSLAMU – v laboratoři byl DSLAM s 12 porty ADSL2+

4.2.2 Simulátor vedení Telebyte 458-3SL

Akceptuje jednu, dvě nebo tři zásuvné moduly. Umožňuje ovládat až 24 kanálů v jeden kompaktní celek. Zahrnuje RS-232, Ethernet nebo IEEE-488 rozhraní. Podporuje technologie jako ADSL, ADSL2+, HDSL, HDSL2, G.SHDSL, SDSL, DSL, VDSL, VDSL2. Telebyte je ideální pro testování DSL modemů. Vzdálenosti vedení jsou zobrazovány na přední straně přístroje za pomoci LCD panelu a lze je samozřejmě pohodlně přepínat tlačítky. Firmware lze updatovat přes RS-232 rozhraní.



Obrázek 4-3 Informační obrázek Simulátoru Telebyte se třemi moduly

4.2.3 Modul 458-LM-E20

Simuluje vedení s průřezem 0,4 PE dle specifikace ITU-T G.996.1. Maximální délka vedení je 6, 15 km s krokem 150 m. Zásuvný modul simulátoru přesně modeluje útlum, impedanci, fázi a zpoždění. Samotný modul je velice tichý.



Obrázek 4-4 Modul Simulátoru vedení 458-LM-E20

4.2.4 Tester VDSL – VePAL BX100V

Výrobce testeru je firma VeEx. Zařízení podporuje technologie jako VDSL, ADSL2+, ADSL2 a ADSL. Prioritní použití testeru nachází při instalaci přípojek pro vysokorychlostní internet a IPTV

Vlastnosti:

- simulace modemu VDSL2/ADSL2+/ADSL2/ADSL podle ITU standardu

-
- emulace CPE a CO
 - automatické spojení linky po zapnutí přístroje
 - rychlé zobrazení výsledků upstreamu/downstreamu, útlumů, odstupu signálu od šumu
 - funkce ATM OAM loop-back
 - grafická a tabelární prezentace výsledků pro alokaci bitů na nosnou
 - podpora Annex B a Annex A
 - pokročilé IP testy přes rozhraní ADSL
 - analýza IPTV streamu: MPEG2, MPEG4 a VC-1
 - dálkové ovládání přes managementový port
 - tvorba a převod protokolů do .pdf.



Obrázek 4-5 Tester VePAL

4.3 Popis jednotlivých kanálů DSLAMU – ADSL2+, Annex B

Pro měření jsem si zvolil kanály 1, 2, 3 a 12 především pro zjištění chování přenosové rychlosti ve směru download, který je při asymetrickém přenosu mnohonásobně více využívám. První ze tří jmenovaných kanálů jsem zvolil, kvůli jejich stejnému odstupu, tedy po 1Mbit/s, poslední 12 kanál nabízel nejvyšší přenosovou rychlost, vybrány byly tedy dva extrémy. Za zmínku by stály ještě další trasy, zejména kvůli přenosové rychlosti uploadu, avšak tyto již z časových důvodů proměřeny nebyly. Kompletní výsledky měření lze najít v přílohách, kde jsem ke každé trase vytvořil samostatný podrobný protokol.

<i>Číslo kanálu</i>	<i>Rychlost Up [kbit/s]</i>	<i>Rychlost Down [kbit/s]</i>
1	512	1024
2	512	2048
3	512	3072
4	128	1024
5	1024	2048
6	1024	4096
7	128	512
8	512	1024
9	512	1024
10	512	1024
11	512	1024
12	1375	25963

Tabulka 4-1 Popis jednotlivých kanálů DSLAMU

4.4 Postup měření

Přístroje jsem zapojil dle Obrázek 4-1 Blokové schéma zapojení. DSLAM byl již nastaven, jediná změna nastavení, kterou jsem na tomto přístroji prováděl, bylo přepojování kabeláže dle momentálně měřené trasy. Měření jednotlivých tras jsem prováděl vždy po kroku 150m, které jsem postupně nastavoval na simulátoru vedení. Každé jednotlivé měření jsem vždy uložil do paměti analyzátoru a následně měření opakoval pro další vzdálenosti trasy. Délku vedení jsem zvětšoval v daném kroku až po bod, kdy se již analyzátor nebyl schopný s DSLAMEM spojit. Poté jsem přístroj přes ethernet rozhraní spojil s PC, kde jsem v předem nainstalovaném obslužném programu data z přístroje převzal a dále z nich vytvořil reporty v pdf a csv. Data v analyzátoru jsem následně vymazal a přepojil kabeláž do dalšího portu DSLAMU a začal měřit další trasu. Analýzu naměřených dat a jejich zpracování jsem řešil v tabulkovém procesoru, který mi umožnil pohodlné zpracování formátu csv. Reporty lze nalézt v následující kapitole.

4.5 Tabulka měřených vzdáleností

Vedení každé trasy bylo měřeno dle vzdáleností uvedených v tabulce níže.

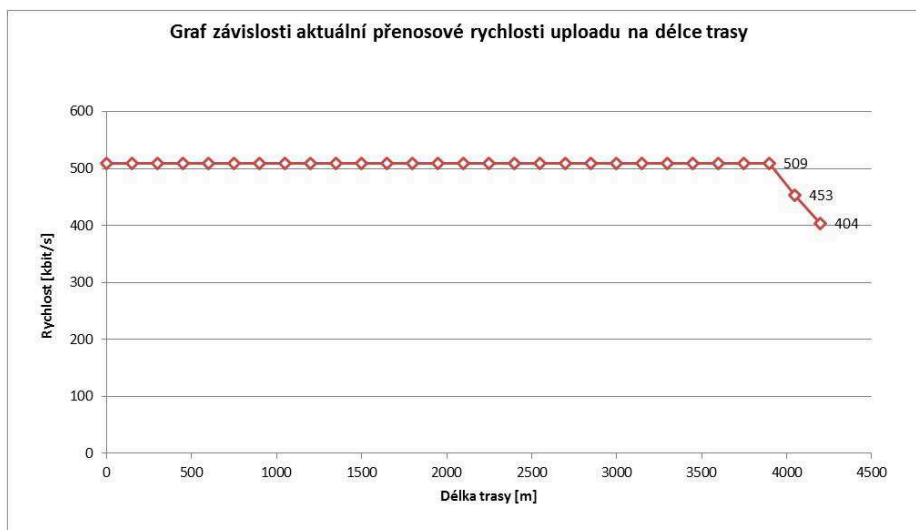
0	150	300	450	600	750	900	1050	1200	1350
1500	1650	1800	1950	2100	2250	2400	2550	2700	2850
3000	3150	3300	3450	3600	3750	3900	4050	4200	4350

Tabulka 4-2 Použité vzdálenosti na simulátoru vedení s krokem 150 v metrech

4.6 Zhodnocení měření na trase č.1

Max. přenosová rychlost trasy daná nastavením DSLAMU: 512/1024

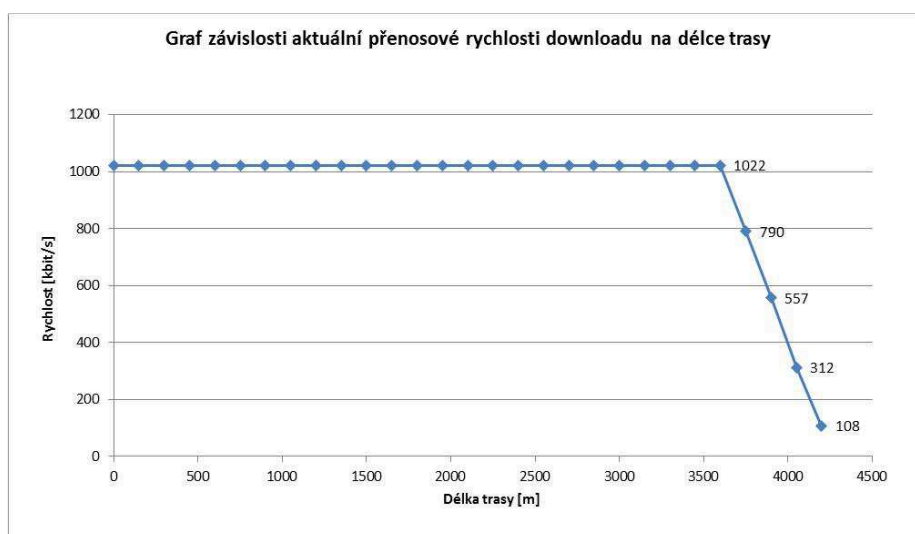
4.6.1 Vyhodnocení aktuální rychlosti Uploadu



Obrázek 4-6 Graf aktuální přenosové rychlosti uploadu

Z grafu je patrné, že maximální přenosová rychlost uploadu byla stabilní až do délky vedení 3900m, odkud přenosová rychlost začala strmě klesat až do vzdálenosti 4200, kde dosáhla minima přenosové rychlosti 404 kbit/s, v 4350m se DSLAM již s analyzátozem nespojil.

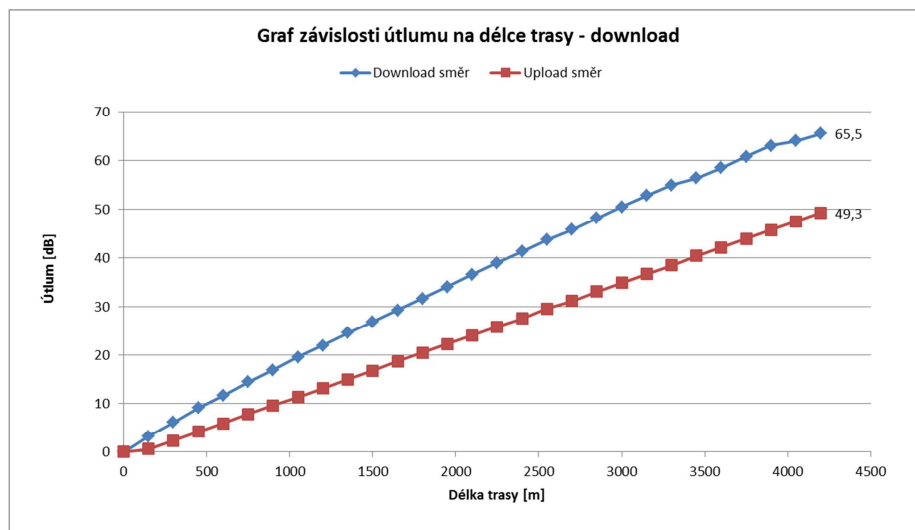
4.6.2 Vyhodnocení aktuální rychlosti Downloadu



Obrázek 4-7 Graf aktuální přenosové rychlosti downloadu

Maximální přenosová rychlost downloadu byla stabilní až do délky vedení 3600m, odkud přenosová rychlost začala strmě klesat až do vzdálenosti 4200, kde dosáhla minima přenosové rychlosti 108 kbit/s, v 4350m se DSLAM již s analyzátořem nespojil.

4.6.3 Vyhodnocení hodnot útlumu



Obrázek 4-8 Graf závislosti útlumu na délce trasy

Pro download směr byla změřena hodnota útlumu 65,5dB v posledním měřeném místě a to v 4200 m, pro směr od analyzátořu k DSLAMU hodnota útlumu dosahovala 49,3dB

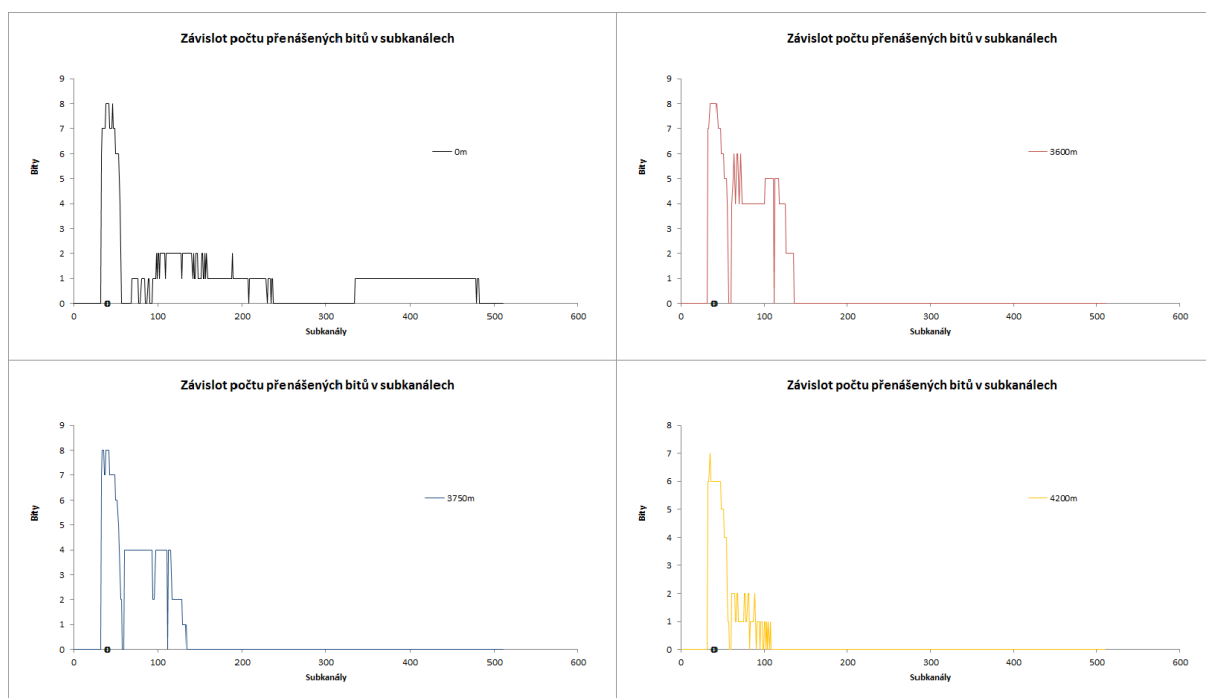
4.6.4 Přenášéné bity v subkanálech

Pro vynesení do grafu jsem si vybral 4 měřená místa a to ve vzdálenost 0m, 3600m, 3750m a 4200m. Bod měření ve 3600 metrech jsem vybral záměrně, neboť v tomto místě ještě byla dosažena plná přenosová rychlost, tedy 1024 kbit/s. V charakteristice lze vidět, jak se pohybuje počet přenášéných bitů při dané vzdálenosti a taky, ve kterém z kanálů. Zřetelnější obrázky lze najít v přílohách.

Při vyhodnocování přenášéných bitů subkanály jsem zjistil tyto hodnoty pro měření v bodě nula:

Počet subkanálů nesoucích informaci	326
Nejvyšší počet bitů nesených subkanálem	9
Celkový počet nesených bitů	835

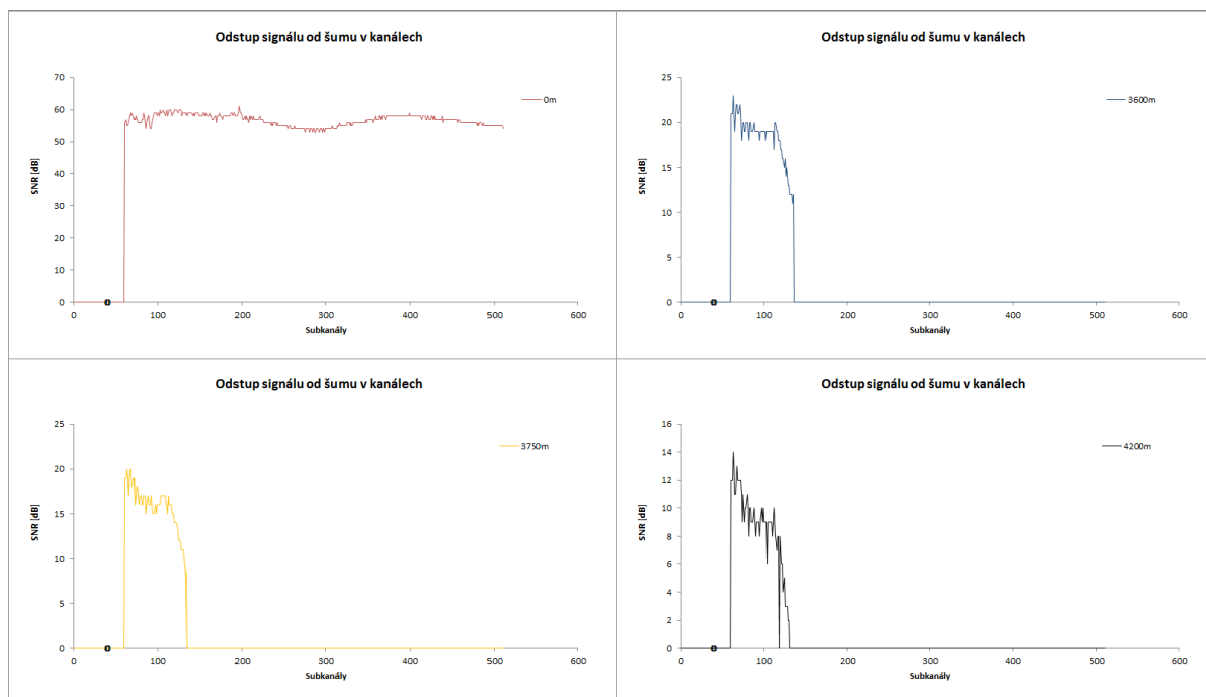
Tabulka 4-3 Přehled - Bity nesené subkanály trasy č.1



Obrázek 4-9 Graf závislosti počtu přenášených bitů v subkanálech

4.6.5 Odstup signálu od šumu

Charakteristiky ukazují, jak se snižuje odstup signálu od šumu (SNR). Při posledním měření je již odstup velmi malý.

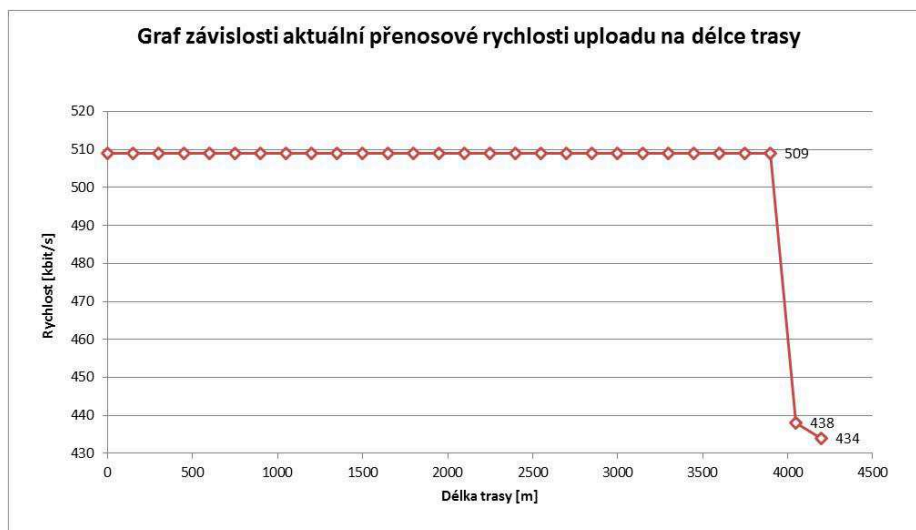


Obrázek 4-10 Graf závislosti odstupu SNR na kanálech

4.7 Zhodnocení měření na trase č.2

Max. přenosová rychlost trasy daná nastavením DSLAMU: 512/2048

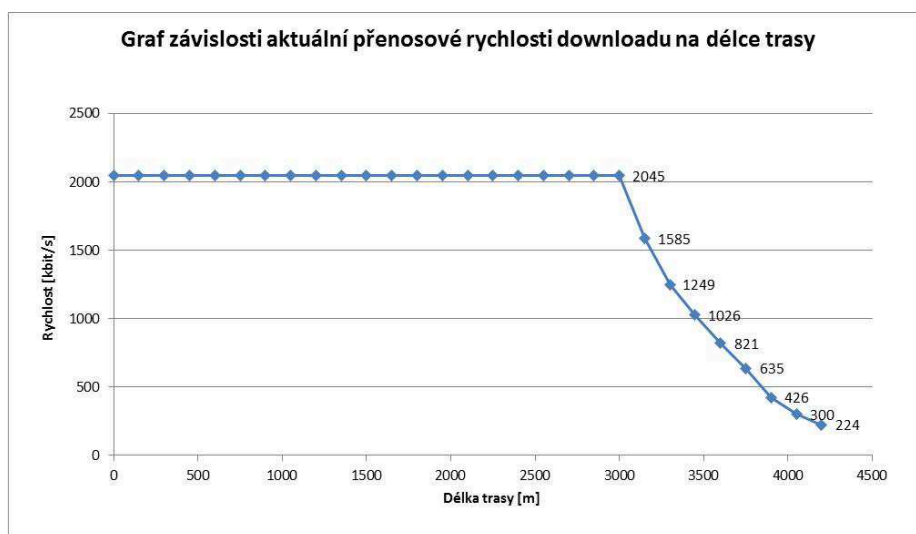
4.7.1 Vyhodnocení aktuální rychlosti Uploadu



Obrázek 4-11 Graf aktuální přenosové rychlosti uploadu

Maximální přenosová rychlost uploadu byla stabilní až do délky vedení 3900m, kde ještě přenosová rychlost dosahovala 500 kbit/s, od tohoto bodu rychlost začala klesat až do vzdálenosti 4200, kde dosáhla minima přenosové rychlosti 434 kbit/s, v 4350m se DSLAM již s analyzátozem nespojil.

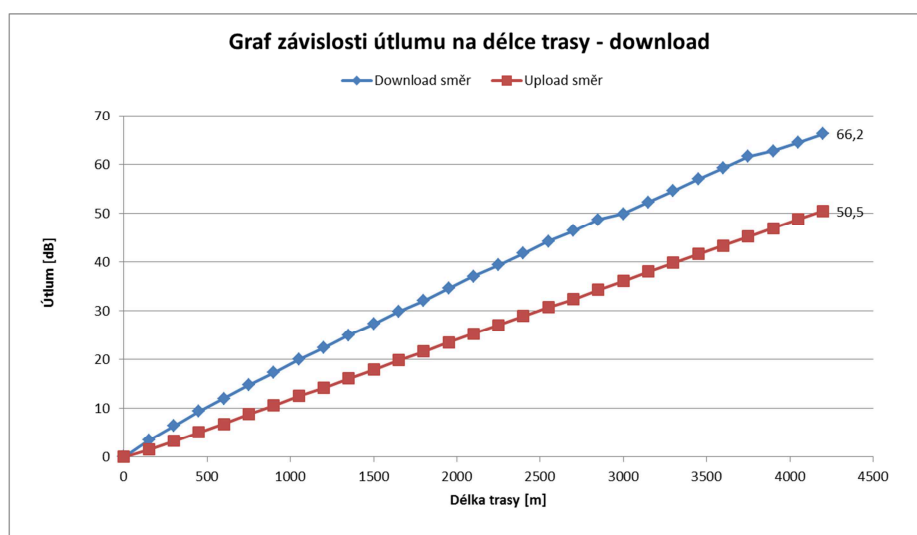
4.7.2 Vyhodnocení aktuální rychlosti Downloadu



Obrázek 4-12 Graf aktuální přenosové rychlosti downloadu

Maximální přenosová rychlost downloadu byla stabilní až do délky vedení 3150m, odkud přenosová rychlost začala strmě klesat až do vzdálenosti 4200, kde dosáhla minima přenosové rychlosti 224 kbit/s, v 4350m se DSLAM již s analyzátořem nespojil.

4.7.3 Vyhodnocení hodnot útlumu trasy



Obrázek 4-13 Graf závislosti útlumu na délce trasy

Pro download směr byla změřena hodnota útlumu 66,2 dB v posledním měřeném místě a to v 4200 m, pro směr od analyzátořu k DSLAMU hodnota útlumu dosahovala 50,5dB

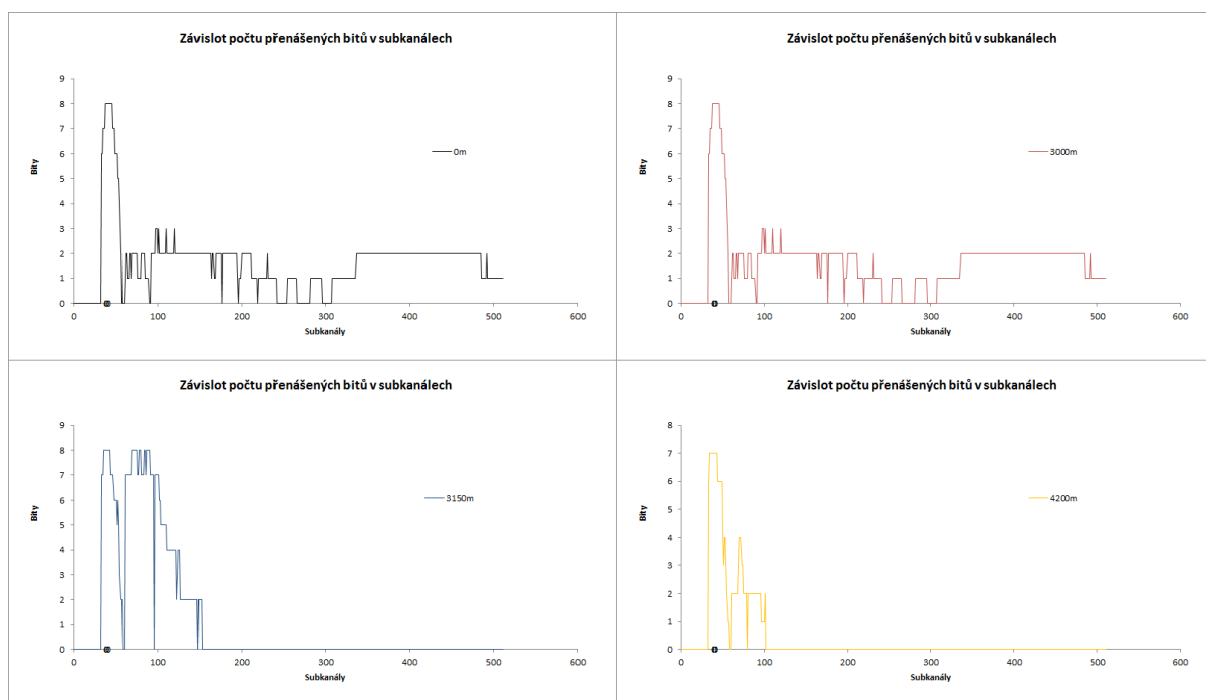
4.7.4 Přenášené bity v subkanálech

Pro vynesení do grafu jsem si vybral 4 měřená místa a to ve vzdálenost 0m, 3000m, 3150m a 4200m. Bod měření ve 3000 metrech jsem vybral záměrně, neboť v tomto místě ještě byla dosažena plná přenosová rychlost, tedy 2048 kbit/s. V charakteristice lze vidět, jak se pohybuje počet přenášených bitů při dané vzdálenosti a taky, ve kterém z kanálů. Zřetelnější obrázky lze najít v přílohách.

Při vyhodnocování přenášených bitů subkanály jsem zjistil tyto hodnoty pro měření v bodě nula:

Počet subkanálů nesoucích informaci	430
Nejvyšší počet bitů nesených subkanálem	9
Celkový počet nesených bitů	1278

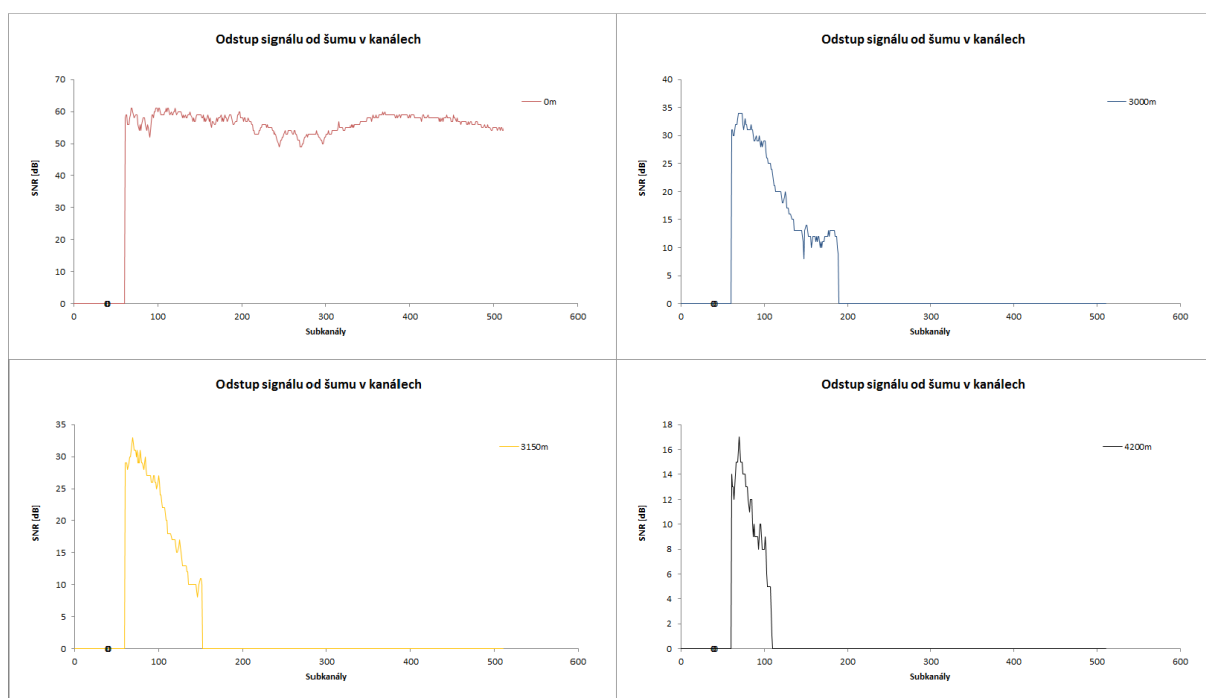
Tabulka 4-4 Přehled - Bity nesené subkanály trasy č.2



Obrázek 4-14 Graf závislosti počtu přenášených bitů v subkanálech

4.7.5 Odstup signálu od šumu

Charakteristiky ukazují, jak se snižuje odstup signálu od šumu (SNR). Při posledním měření je již odstup velmi malý.

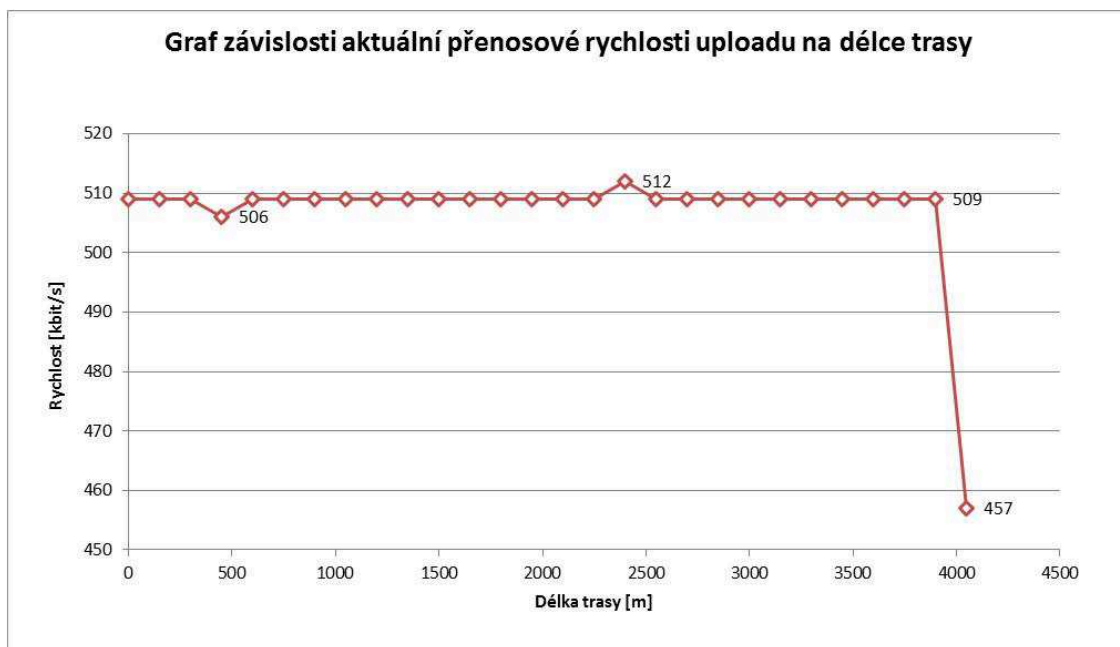


Obrázek 4-15 Graf závislosti odstupu SNR na kanálech

4.8 Zhodnocení měření na trase č.3

Max. přenosová rychlost trasy daná nastavením DSLAMU: 512/3072

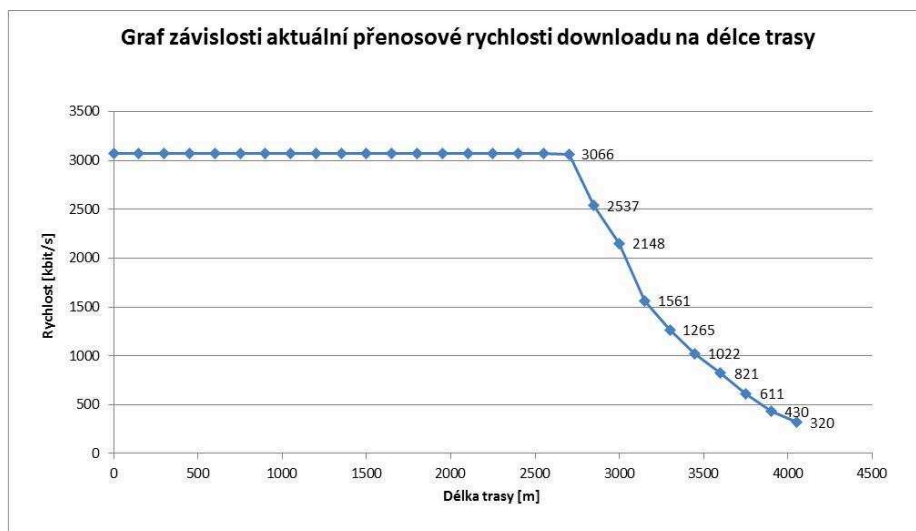
4.8.1 Vyhodnocení aktuální rychlosti Uploadu



Obrázek 4-16 Graf aktuální přenosové rychlosti uploadu

Maximální přenosová rychlost uploadu byla stabilní až do délky vedení 3900 m, zde se ještě přenosová rychlost byla schopna udržet na hodnotě 509 kbit/s, od tohoto měřicího bodu rychlost strmě klesla na 457 kbit/s ve 4050 m. V dalším měřeném úseku 4200 m se DSLAM již nespojil. Z ostatních tras je patrné, že k nespojení se s analyzátozem docházelo až ve vzdálenosti 4300 m, tudíž zde se dá předpokládat velká pravděpodobnost spojení, při opakovaném měření. Na trase lze také pozorovat dva výkyvy a to ve vzdálenosti 600 m a 2400 m již v průběhu měření stabilní oblasti do vzdálenosti 3900 m, ale přisuzuji opět odchylce měření.

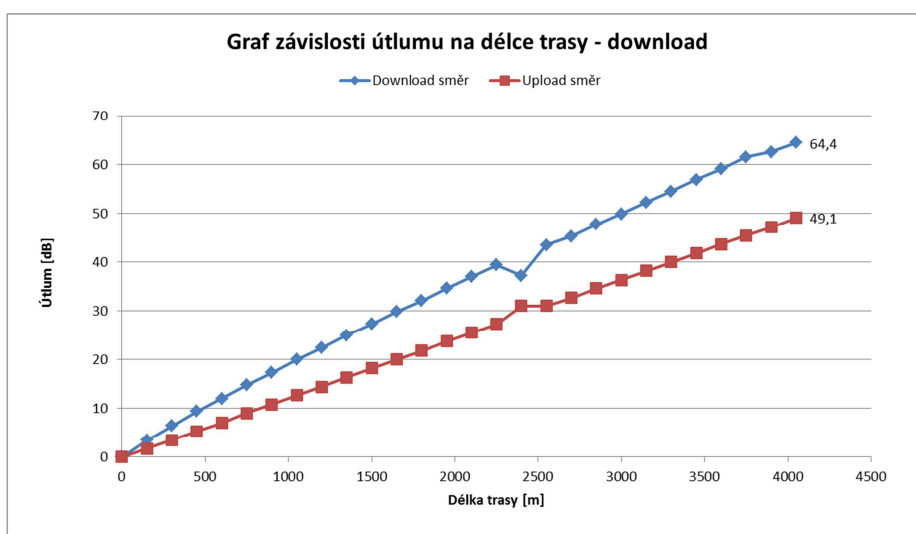
4.8.2 Vyhodnocení aktuální rychlosti Downloadu



Obrázek 4-17 Graf aktuální přenosové rychlosti downloadu

Maximální přenosová rychlost downloadu byla stabilní až do délky vedení 2700 m, odkud přenosová rychlost začala strmě klesat až do vzdálenosti 4050, kde dosáhla minima přenosové rychlosti 320 kbit/s. Ve vzdálenosti 4200m, stejně jako v případě uploadu, nedošlo s DSLAM ke spojení. Měření uploadu a downloadu probíhalo v rámci jednoho měření v dané vzdálenosti, tudíž je jasné, že při neproběhnutí spojení u uploadu, nebudou hodnoty ani pro směr k analyzátoru. K opětovnému měření jsem již bohužel neměl příležitost a v rámci měření se bod 4200 tvářil jako měřitelný, avšak ve vygenerovaných .pdf reportech nebyla data.

4.8.3 Vyhodnocení hodnot útlumu trasy



Obrázek 4-18 Graf závislosti útlumu na délce trasy

Pro download směr byla změřena hodnota útlumu 64,4 dB v posledním měřeném místě a to v 4200 m, pro směr od analyzátoru k DSLAMU hodnota útlumu dosahovala 49,1dB.

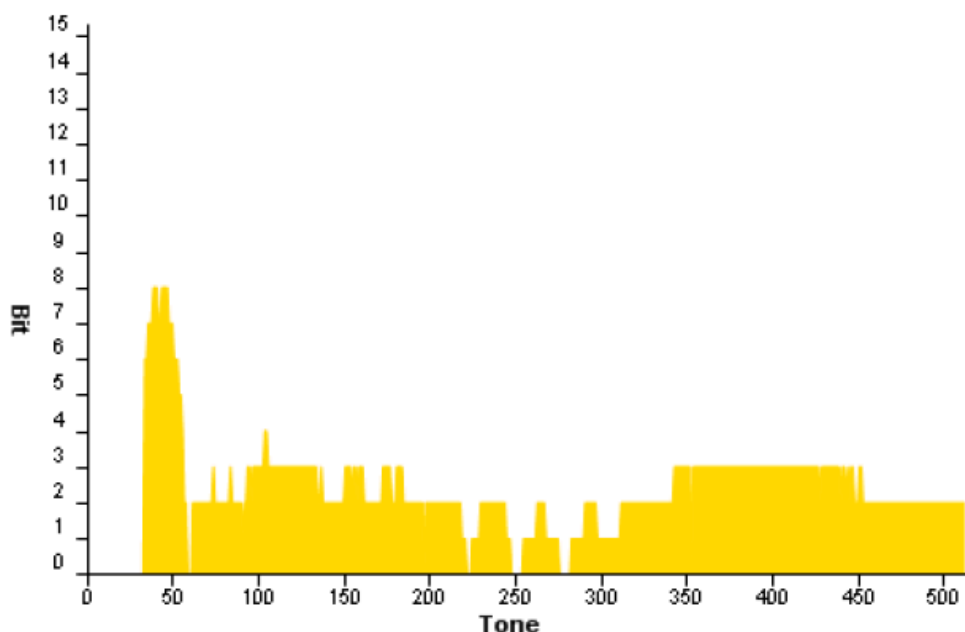
4.8.4 Přenášené bity v subkanálech

Pro vynesení do grafu jsem si vybral 4 měřená místa a to ve vzdálenost 0m, 2700m, 2850m a 4050m. Bod měření ve 3000 metrech jsem vybral záměrně, neboť v tomto místě ještě byla dosažena plná přenosová rychlost, tedy 3072 kbit/s. V charakteristice lze vidět, jak se pohybuje počet přenášených bitů při dané vzdálenosti a taky, ve kterém z kanálů. U této trasy se měření pro bod 4200m již nepovedlo – což přikládám za vinu chybnému měření právě v tomto bodě. Zřetelnější obrázky lze najít v přílohách.

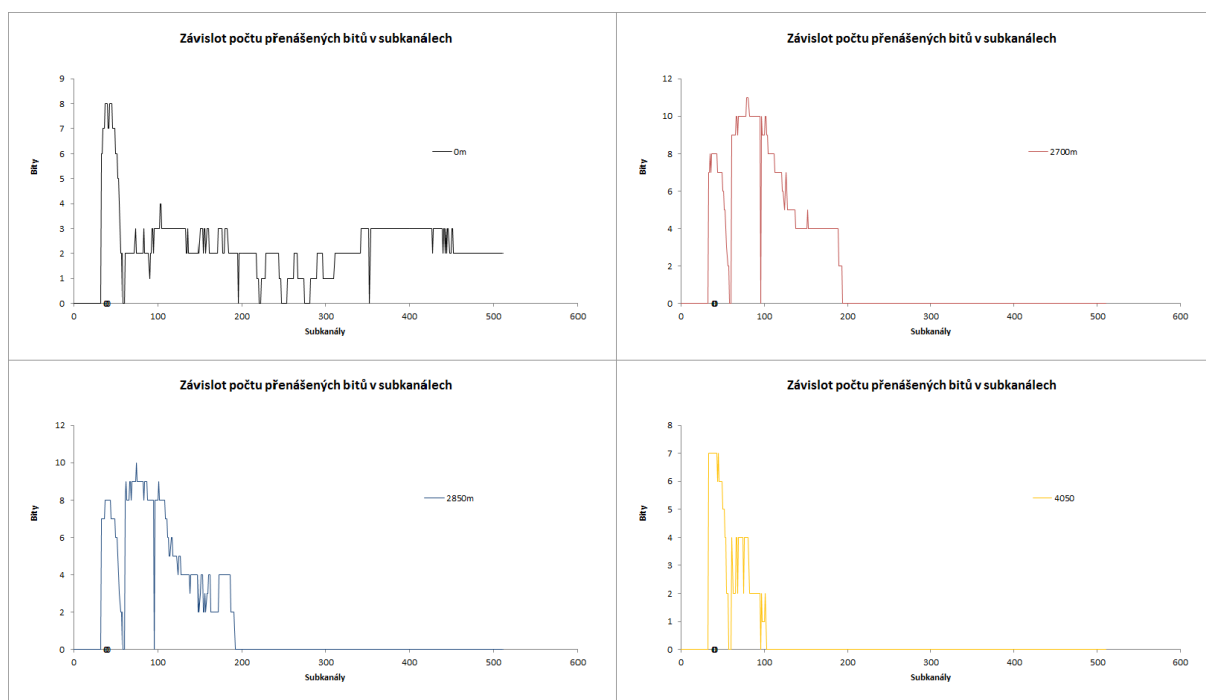
Při vyhodnocování přenášených bitů subkanály jsem zjistil tyto hodnoty pro měření v bodě nula:

Počet subkanálů nesoucích informaci	457
Nejvyšší počet bitů nesených subkanálem	9
Celkový počet nesených bitů	1596

Tabulka 4-5 Přehled - Bity nesené subkanály trasy č.3



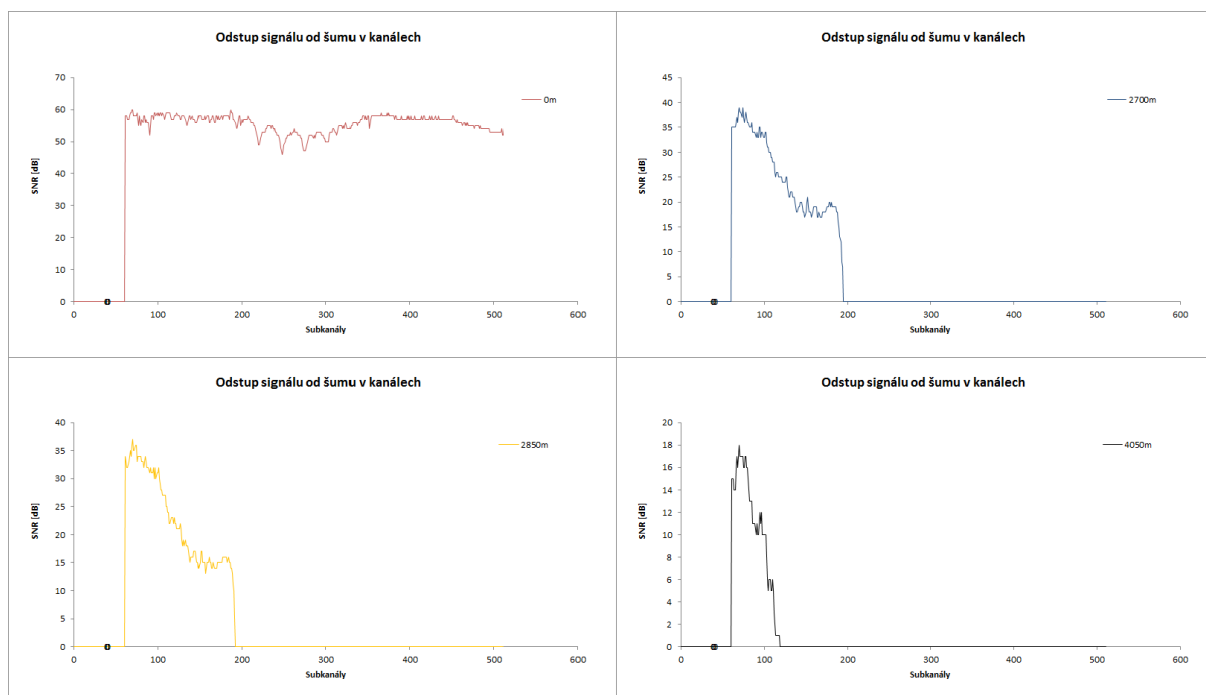
Obrázek 4-19 Příklad rozložení bitů subkanály - generováno testerem



Obrázek 4-20 Graf závislosti počtu přenášených bitů v subkanálech

4.8.5 Odstup signálu od šumu

Charakteristiky ukazují, jak se snižuje odstup signálu od šumu (SNR). Při posledním měření je již odstup velmi malý.

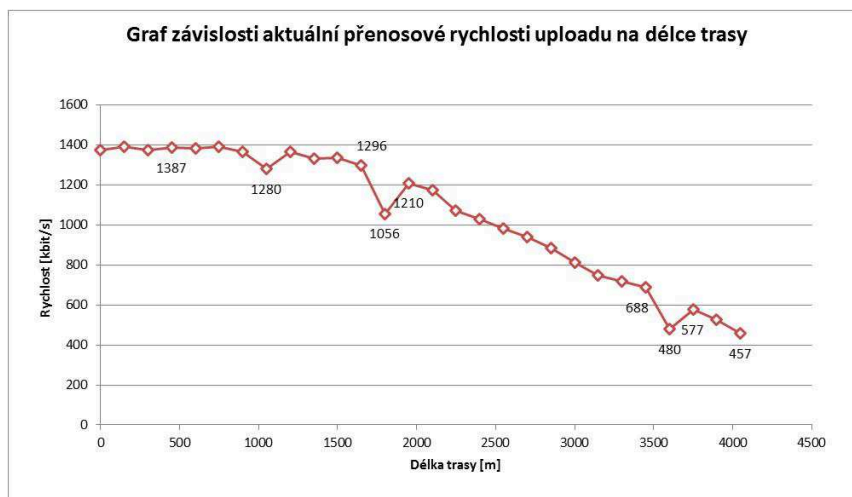


Obrázek 4-21 Graf závislosti odstupu SNR na kanálech

4.9 Zhodnocení měření na trase č. 12

Max. přenosová rychlost trasy daná nastavením DSLAMU: 1387/25963

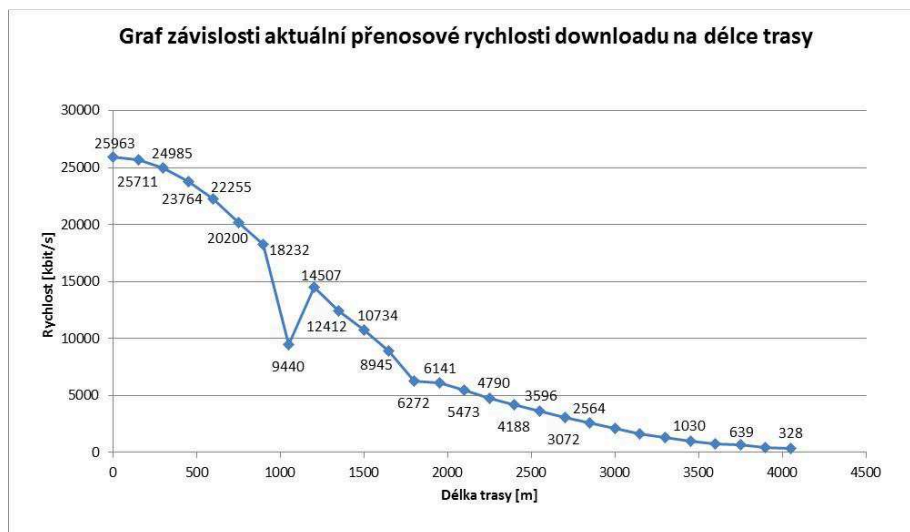
4.9.1 Vyhodnocení aktuální rychlosti Uploadu



Obrázek 4-22 Graf aktuální přenosové rychlosti uploadu

Součástí poslední měřené trasy bylo vyzkoušet maximální možnou nastavitelnou rychlost ADSL2+. Chování přenosové rychlosti v závislosti na vzdálenosti bylo již jiné, než u předchozích měření s nižší přenosovou rychlostí. Maximální přenosová rychlost se držela prakticky jen do vzdálenosti 1200 m, odkud postupně zvolna klesala do vzdálenosti 4200 m, kde přenosová kapacita činila 457 kbit/. Bod měření 4350 již tradičně nenavázán.

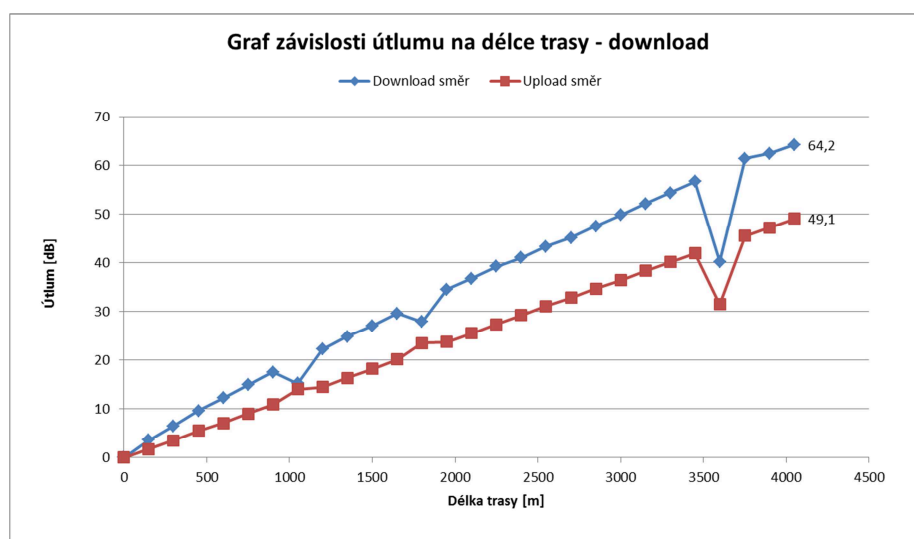
4.9.2 Vyhodnocení aktuální rychlosti Downloadu



Obrázek 4-23 Graf aktuální přenosové rychlosti downloadu

Tento graf byl pro mě z celého měření nejzajímavější, neboť se na něm testovala maximální rychlost nastavení downloadu. Stejně jako u grafu pro směr k DSLAMU, tak i zde rychlost se vzdáleností začala křesat již z velmi krátké vzdálenosti. V bodě nula, tedy při skoro žádném útlumu vedení rychlost dosáhla na hranici 25963kbit/s. Přitom již v polovině měřitelné vzdálenosti se dalo dosáhnout jen na hranici čtvrtinovou. Přenos skončil u měření na 4200 m. Dále již provoz nebyl možný.

4.9.3 Vyhodnocení hodnot útlumu trasy



Obrázek 4-24 Graf závislosti útlumu na délce trasy

Pro download směr byla změřena hodnota útlumu 64,2 dB v posledním měřeném místě a to v 4200 m, pro směr od analyzátoru k DSLAMU hodnota útlumu dosahovala 49,1dB.

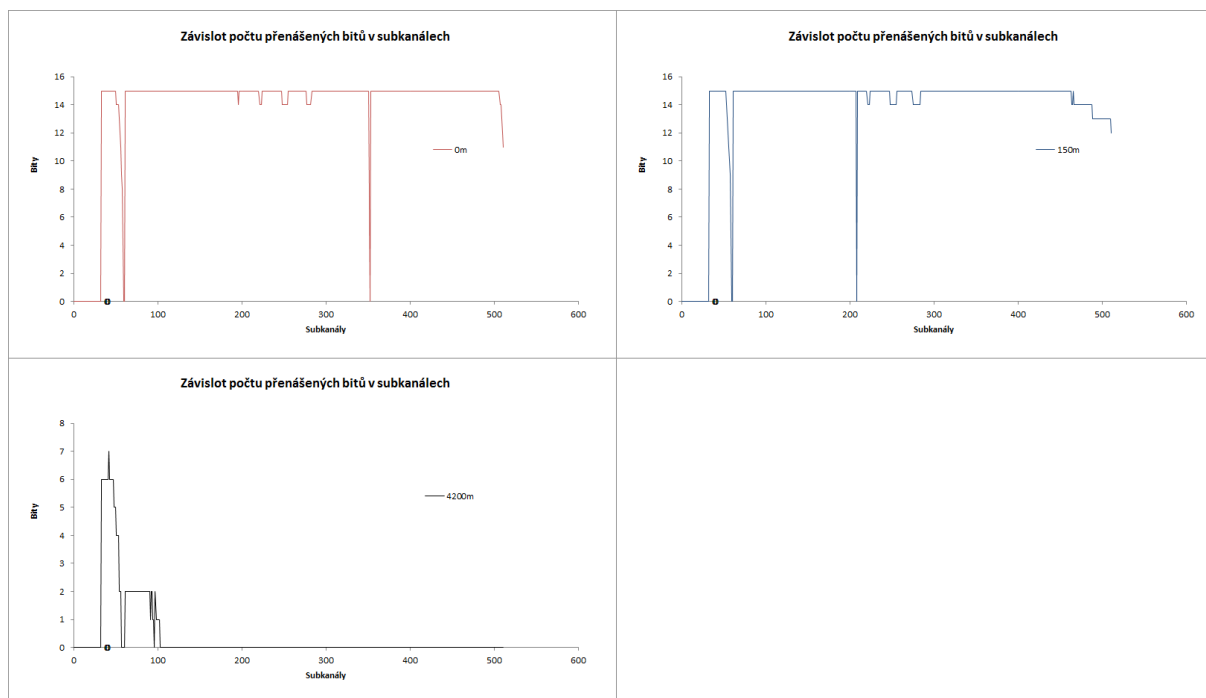
4.9.4 Přenášené bity v subkanálech

Pro vynesení do grafu jsem si vybral 4 měřená místa a to ve vzdálenost 0m, 150m a 4200m. Přenosová rychlost u této přenosové rychlosti klesla již ve vzdálenosti 150m, tudíž jsem si vybral výše uvedené vzdálenosti. V charakteristice lze vidět, jak se pohybuje počet přenášených bitů při dané vzdálenosti a taky, ve kterém z kanálů. Zřetelnější obrázky lze najít v přílohách.

Vyhodnocení přenášených bitů subkanály:

Počet subkanálů nesoucích informaci	476
Nejvyšší počet bitů nesených subkanálem	16
Celkový počet nesených bitů	7562

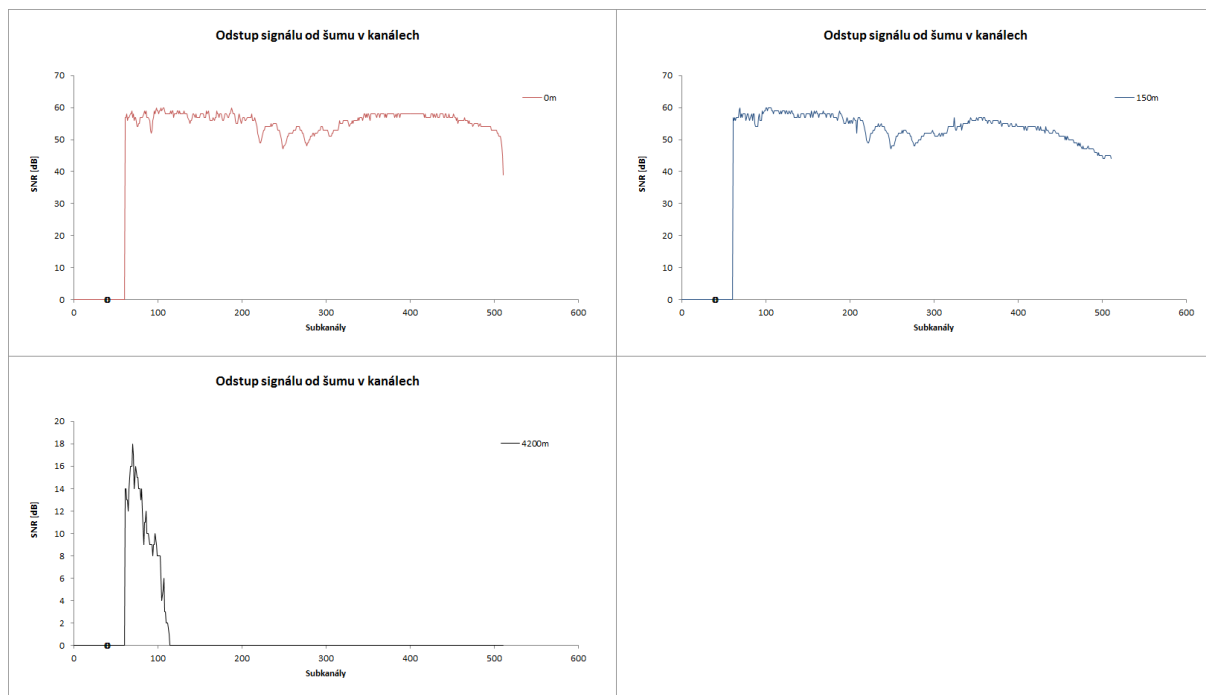
Tabulka 4-6 Přehled - Bity nesené subkanály trasy č.12



Obrázek 4-25 Graf závislosti počtu přenášených bitů v subkanálech

4.9.5 Odstup signálu od šumu

Charakteristiky ukazují, jak se snižuje odstup signálu od šumu (SNR). Při posledním měření je již odstup velmi malý.

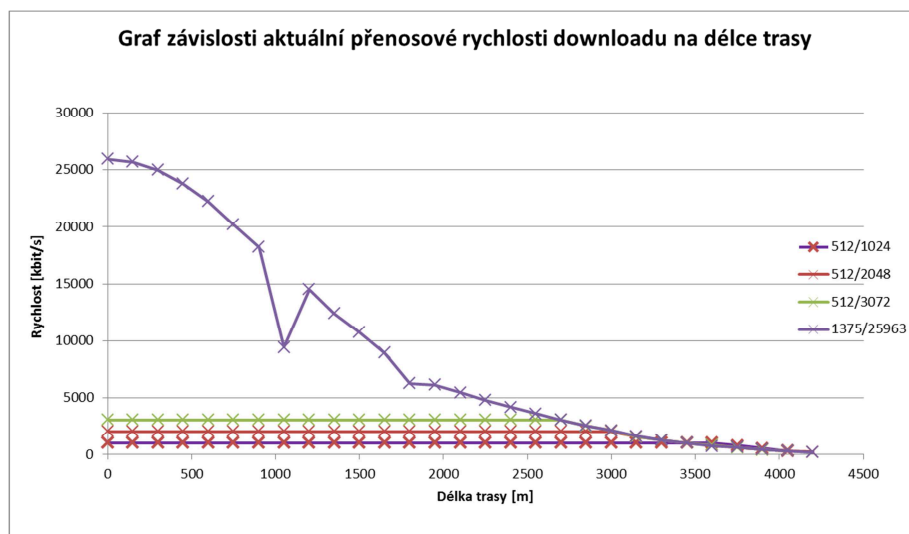


Obrázek 4-26 Graf závislosti odstupu SNR na kanálech

4.10 Vyhodnocované trasy společně

V předchozích podrobně vyobrazených měřeních jsem ukázal změřené hodnoty u 4 tras samostatně, aby si mohl každý grafy přehledně prohlédnout. Tato diplomová práce má charakter protokolární, tudíž vyobrazené charakteristiky jsou podstatným těžištěm a výsledkem této práce. Posledním bodem měření je však ukázat vlivy hromadně, aby bylo okamžitě zřejmé chování při stoupajících nárocích na přenosovou rychlost.

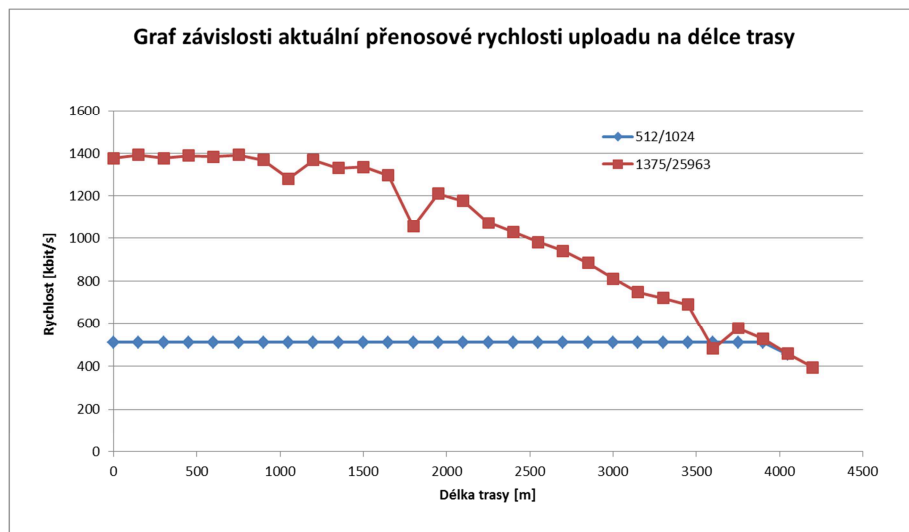
4.10.1 Vyhodnocení aktuální rychlosti downloadu – všechny trasy dohromady



Obrázek 4-27 Graf aktuální přenosové rychlosti downloadu

Jako velice zajímavý a vypovídající graf mě přišel graf aktuální přenosové rychlosti downloadu pro všechny trasy vyneseny společně. Lze vidět, že vzdálenost, kdy je ještě spojení navázáno, je u všech tras 4200 m (kromě jedné s chybou měření) a v dalším bodě již spojení nebylo možné. Přenosová rychlosti, při vysokém nastavení horní hranice rychlosti, strmě klesá již při krátké vzdálenosti, oproti například 1Mbit/s nastavení, kde konstantní parametry lze pozorovat ještě lehce za hranicí 4 km. Ve větší vzdálenosti u rychlosti nastavení 26 Mbit/s rychlost opisovala další měřené trasy. Bylo by velice zajímavé grafy měřit například po rychlosti 1Mbit, zda-li by se přenášené rychlosti chovaly v horní části podobně jako v té dolní. Bohužel měření takového rozsahu by bylo časově náročné. Měření jedné trasy a jedné vzdálenosti bylo s uložením a kontrolou naměřených dat otázkou 5 minut. Z grafu lze také vypozorovat, že s každým 1Mbit/s přenosové rychlosti ze vzdálenost dosažená s plnou nastavenou rychlostí klesá zhruba o 300 m.

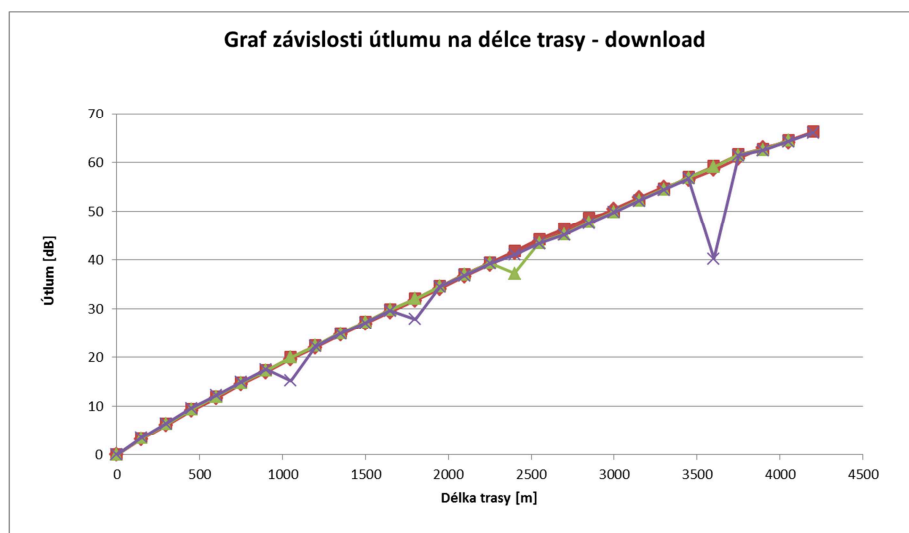
4.10.2 Vyhodnocení aktuální rychlosti uploadu – dvě měřené trasy



Obrázek 4-28 Graf aktuální přenosové rychlosti uploadu

Jen pro porovnání uvádím příklad dvou změřených tras a to s přenosovou rychlostí 512 a 1375 kbit/s. Odchyly měření patrné z grafu lze zanedbat. Další trasy zde nejsou neboť jejich rychlost, tedy 512 kbit/s by se kryly.

4.10.3 Příklad charakteristiky závislosti útlumu pro všechny trasy – download



Obrázek 4-29 Graf závislosti útlumu na délce trasy

Tento graf slouží jen pro informaci, hodnoty z něj není třeba odečítat, neboť jsou uvedeny v předcházejících kapitolách zvlášť pro každou trasu. Je jasné, že útlum trasy se neměnil v závislosti na nastavení přenosové rychlosti, nýbrž na vzdálenosti a to konstantně. Výkyvy útlumu jsou ve

stejných bodech jako odchylky v grafech u měření přenosové rychlosti. Opětovné měření by měření zpřesnilo.

4.10.4 Závěrečný přehled

V této kapitole jsou shrnuty hlavní výsledky plynoucí z měření pro trasu č. 1 až trasu č.12.

Trasa č. 1	Download	Upload
Nastavená přenosová rychlost trasy	1024 kbit/s	512 kbit/s
Bod zlomu rychlosti (vzdálenost, kdy se rychlost poklesla z nastavené rychlosti na rychlost nižší).	3600 m	3600 m
Max. dosažitelná vzdálenost (v posledním bod, ve kterém ještě došlo ke spojení s DSLAMEM)	4200 m	4200 m
Poslední měřitelná rychlost (naměřená rychlost v posledním bodě měření)	108 kbit/s	404 kbit/s
Útlum v posledním měřeného bodu	65,5 dB	49,3 dB

Tabulka 4-7 Tabulkové zhodnocení trasy č.1

Trasa č. 2	Download	Upload
Nastavená přenosová rychlost trasy	2048 kbit/s	2048 kbit/s
Bod zlomu rychlosti (vzdálenost, kdy se rychlost poklesla z nastavené rychlosti na rychlost nižší).	3000 m	3000 m
Max. dosažitelná vzdálenost (v posledním bod, ve kterém ještě došlo ke spojení s DSLAMEM)	4200 m	4200 m
Poslední měřitelná rychlost (naměřená rychlost v posledním bodě měření)	224 kbit/s	434 kbit/s
Útlum v posledním měřeného bodu	66,2 dB	50,5 dB

Tabulka 4-8 Tabulkové zhodnocení trasy č.2

Trasa č. 3	Download	Upload
Nastavená přenosová rychlost trasy	3072 kbit/s	512 kbit/s
Bod zlomu rychlosti (vzdálenost, kdy se rychlost poklesla z nastavené rychlosti na rychlost nižší).	2700 m	2700 m
Max. dosažitelná vzdálenost (v posledním bod, ve kterém ještě došlo ke spojení s DSLAMEM)	4050 m	4050 m
Poslední měřitelná rychlost (naměřená rychlost v posledním bodě měření)	320 kbit/s	457 kbit/s
Útlum v posledním měřeného bodu	64,4 dB	49,1 dB

Tabulka 4-9 Tabulkové zhodnocení trasy č.3

Trasa č. 12	Download	Upload
Nastavená přenosová rychlost trasy	25963 kbit/s	1375 kbit/s
Bod zlomu rychlosti (vzdálenost, kdy se rychlost poklesla z nastavené rychlosti na rychlost nižší).	0 m	0 m
Max. dosažitelná vzdálenost (v posledním bod, ve kterém ještě došlo ke spojení s DSLAMEM)	4200 m	4200 m
Poslední měřitelná rychlost (naměřená rychlost v posledním bodě měření)	184 kbit/s	393 kbit/s
Útlum v posledním měřeného bodu	66 dB	50,8 dB

Tabulka 4-10 Tabulkové zhodnocení trasy č.12

5 Závěr

Technologie xDSL je v dnešní době velice zajímavá a hlavně v některých místech republiky taky jediná rozumná technologie poskytující solidní přístupové parametry pro uživatele. Sám nemám v naší menší obci možnost optického média, tudíž jsou mé možnosti degradovány jen na Wifi, mobilní připojení či zmiňovanou xDSL technologii. Cílem této práce bylo xDSL popsat a následně ověřit její parametry v reálném provozu (v mém případě laboratorní podmínky).

Nejdříve jsem rodinu xDSL specifikací rozdělil a následně popsal jednotlivé specifikace. Samozřejmostí bylo nastínit jaké frekvenční pásmo, které služby zabírají. Součástí xDSL technologií na trhu v komunikacích je blízkých letech zcela jistě zaručen, neboť výkopové práce nových optických tras není zrovna levnou záležitostí a použití stávající dvojlinky se tedy momentálně jeví jako nejlepší možnost. Alternativní možnosti připojení samozřejmě existují, jejich poměr kvalita/cena již však není zrovna výhodný.

Součástí práce bylo zjistit, jaké vlivy působí na kvalitu služby. Rozdělil jsem tedy negativní vlivy do přehledné struktury na vnitřní a vnější vlivy, které se dále rozpadají na jednotlivé škodné složky a v práci jsou podrobněji rozebrány. Již od začátku tvorby této diplomové práce bylo jasné, že největší podíl na zhoršení kvality služby bude mít podíl útlum vedení. Ten se zvyšuje lineárně s přibývajícím vzdáleností účastníka od ústředny. Tento útlum jsem taktéž z fyzikálního hlediska popsal v kapitole škodných vlivů.

Abych mohl data z práce správně podložit, absolvoval jsem sérii měření tras v laboratorní učebně v budově N na VŠB-TUO. Vyhodnocené údaje jsou laboratorní, tedy v podstatě hezčí, než bychom naměřili v reálném provozu, kde by vliv přeslechů byl určitě vyšší. Možnosti nastavení bylo na DSLAMu mnoho, avšak veškeré kombinace možných DSL variant spolu s nastaveními rychlostí by nebylo možno z časových důvodů všechny zpracovat. Vybral jsem si tedy jen určité nastavení tras a z těch provedl vyhodnocení.

Po přečtení tohoto shrnutí by mělo být čtenáři jasné, že nabídky poskytovatelů připojení přes službu ADSL jsou jen málokdy dosažitelné. Prakticky lze tyto hodnoty dosáhnout jen v městech a místech blízkých ústředně. Obecně platí, že čím vyšší nabízená přenosová rychlost, tím je těžší tuto rychlost protáhnout do delší vzdálenosti. Z aktuální nabídky Telefoniky O2 je zřejmé použití technologie jak ADSL2+, tak VDSL2. U připojení přes VDSL2 je udávána maximální rychlost necelých 26Mbit/s, avšak sám operátor službu nabízí jen účastníkům asi do 1,3 km. Lze říci, že VDSL2 a ADSL2+ rychlostní rozdíly mezi sebou, s přibývajícím vzdáleností od ústředny, stírají. Čtenář by neměl nyní mít problém udělat si úsudek o tom, co může za své peníze dostat.

6 Použitá literatura

- [1]. GREGOŘICA, Ing. Miroslav. Rušivé vlivy působící na vedení xDSL systémů. [online]. [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: <http://www.elektrorevue.cz/clanky/05003/index.html>
- [2]. VODRÁŽKA, Ing. Jiří. Teoretická informační propustnost účastnických přípojek. [online]. [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: <http://www.elektrorevue.cz/clanky/01031/index.html>
- [3]. VODRÁŽKA, Ing. Jiří. Porovnání modelů přeslechů a vliv na nasazování ADSL. [online]. 29. 07. 2004[cit. 2012-04-12]. Dostupné z: <http://access.feld.cvut.cz/view.php?cisloclanku=2004072910>
- [4]. PETERKA, Jiří. ADSL v obrazech. [online]. 22. 7. 2004[cit. 2012-04-12]. Dostupné z: <http://www.lupa.cz/clanky/adsl-v-obrazech-1/>
- [5]. VODRÁŽKA, Jiří. *Přenos vysokými rychlostmi na symetrických párech*. Disertační práce, ČVUT FEL, Praha 2000
- [6]. Asymmetric Digital Subscriber Line. [online]. [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/ADSL>
- [7]. PETERKA, Jiří. Telefónika chystá VDSL, zlevnit může i ADSL. [online]. [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: <http://www.lupa.cz/clanky/telefonika-chysta-vdsl-zlevnit-muze-i-adsl/>
- [8]. BLUNÁR, Karol – DIVIŠ, Zdeněk. *Telekomunikační sítě*. 1. vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2003. 619 s. ISBN 80-248-0391-7
- [9]. VODRÁŽKA, Jiří. *Přenosové systémy v přístupové síti*. 1. vyd. Praha: ČVUT Praha, 2003. 180 s. ISBN 80-01-02660-4
- [10]. Jevy ovlivňující útlum symetrických kabelových vedení. [online]. [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: <http://access.feld.cvut.cz/view.php?cisloclanku=2004120201>
- [11]. NEPOVÍM, Pavel. *MODELOVÁNÍ VLASTNOSTÍ PŘENOSOVÉHO KANÁLU U XDSL SYSTÉMŮ* [online]. Brno, 2009 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=18312. Bakalářská práce. Brno. Vedoucí práce Ing. Ondřej Krajsa.
- [12]. HRSTKA, Jaroslav. Gigabitová digitální účastnická přípojka. [online]. [cit. 2012-04-22]. Dostupné z: <http://www.netguru.cz/odborne-clanky/gigabitova-digitalni-uastnicka-pipojka.html>

7 Seznam příloh

Příloha 1: Adresářová struktura přiloženého CD

Příloha 2: Protokol měření trasy č.1

Příloha 3: Protokol měření trasy č.2

Příloha 4: Protokol měření trasy č.3

Příloha 5: Protokol měření trasy č.12

1 Adresářová struktura přiloženého CD

\Obsah CD\

\Trasa1\	*měřené hodnoty Trasy1 v pdf a xls
\Trasa2\	*měřené hodnoty Trasy2 v pdf a xls
\Trasa3\	*měřené hodnoty Trasy3 v pdf a xls
\Trasa12\	*měřené hodnoty Trasy12 v pdf a xls
\Diplomovaprace_TOM552.pdf	*diplomová práce ve formátu pdf
\Trasa1.xls	*vyhodnocené hodnoty Trasy1
\Trasa2.xls	*vyhodnocené hodnoty Trasy2
\Trasa3.xls	*vyhodnocené hodnoty Trasy3
\Trasa12.xls	*vyhodnocené hodnoty Trasy12
\Trasyspolecne.xls	*vyhodnocené hodnoty Trasy1 až 12 dohromady
\prezentace_tom552.pps	*prezentace k obhajobě
\Zadani.pdf	*zadání diplomové práce

2 PROTOKOL Z MĚŘENÍ NA TRASE Č.1

Nastavená rychlost pro trasu č.1: 1024/512 kbit/s – Annex B

2.1 Zadání

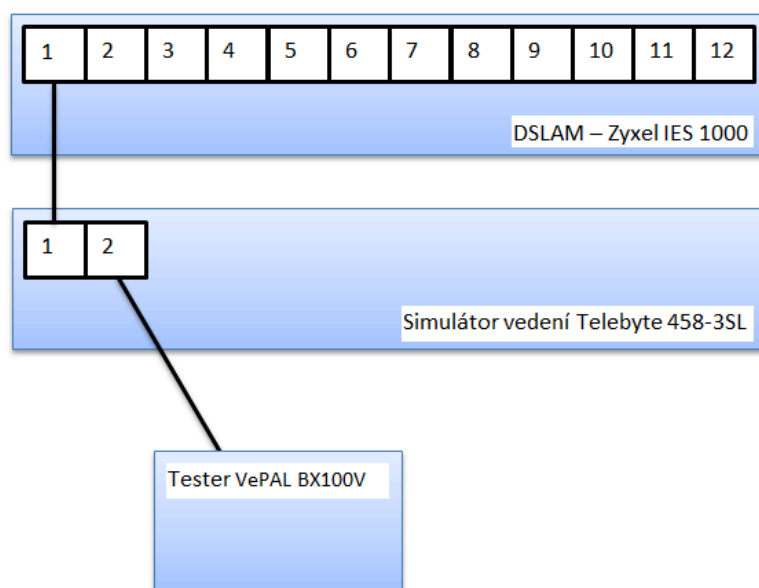
Proměřit zadanou trasu pomocí analyzátoru VePal při nastavené rychlosti po kroku měření 150 m až po hodnotu, kdy se již měřicí přístroj nespojí s DSLAMEM. Veškeré hodnoty zaznamenat do xls souboru, ze kterého následně daná data vyhodnotit a vynést do grafu.

2.2 Použité měřicí přístroje

Tester VDSL – VePAL BX100V, Simulátor vedení Telebyte 458-3SL, ZyXEL IES-100m DC

2.3 Postup měření

Nejdříve jsem dle blokového schématu zapojení uvedeném na obrázku přístroje zapojil. Dále poté zapnul tester a za pomoci tlačítka „apply“ začal měřit ve vzdálenosti 0 m (kterou jsem nastavil na simulátoru vedení). Měření chvíli trvalo, po zobrazení údajů na displeji jsem údaje uložil a zkontroloval, zda-li jsou všechny hodnoty uloženy správně. Následně jsem měření opakoval vždy po kroku 150 m až do chvíle, kdy spojení nebylo navázáno. Hodnoty jsem s pomocí PC programu načetl do počítače a následně vygeneroval sadu protokolů ve formátu pdf a xls.



Obrázek 2-1 Blokové schéma zapojení

2.4 Tabulka naměřených hodnot - Download

Vzdálenost [m]	0	150	300	450	600	750
Down/Up	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream
Aktuální rychlost	1022 K	1022 K	1022 K	1022 K	1022 K	1022 K
Maximální rychlost	26072 K	25852 K	25240 K	24472 K	23168 K	21324 K
Kapacita	3,00%	3,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
Noise Margin	51,0 dB	50,5 dB	50,0 dB	50,5 dB	49,0 dB	47,5 dB
Attenuation	0,0 dB	3,2 dB	6,1 dB	9,1 dB	11,6 dB	14,5 dB
Tx Power	6,8 dBm	10,3 dBm	13,2 dBm	15,0 dBm	14,7 dBm	14,5 dBm
INP	0	0	0	0	0	0
Link Up						
Training Time						
CO Vendor ID						
Profile						

900	1050	1200	1350	1500	1650	1800
Downstream	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream
1022 K	1022 K	1022 K	1022 K	1022 K	1022 K	1022 K
19640 K	17492 K	15652 K	13476 K	11728 K	9840 K	8288 K
5,00%	5,00%	6,00%	7,00%	8,00%	10,00%	12,00%
46,0 dB	44,0 dB	42,0 dB	38,5 dB	36,5 dB	33,0 dB	30,5 dB
16,9 dB	19,6 dB	22,0 dB	24,6 dB	26,9 dB	29,3 dB	31,7 dB
14,4 dBm	14,2 dBm	14,1 dBm	13,9 dBm	13,8 dBm	13,5 dBm	13,3 dBm
0	0	0	0	0	0	0

1950	2100	2250	2400	2550	2700	2850
Downstream	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream
1022 K	1022 K	1022 K	1022 K	1022 K	1022 K	1022 K
6912 K	5888 K	4980 K	4264 K	3596 K	3036 K	2504 K
14,00%	17,00%	20,00%	23,00%	28,00%	33,00%	40,00%
28,0 dB	25,0 dB	22,5 dB	19,5 dB	17,0 dB	14,5 dB	12,0 dB
34,1 dB	36,6 dB	39,0 dB	41,3 dB	43,7 dB	45,8 dB	48,2 dB
13,1 dBm	13,1 dBm	13,0 dBm	12,9 dBm	12,9 dBm	12,8 dBm	12,7 dBm
0	0	0	0	0	0	0

3000	3150	3300	3450	3600	3750	3900
Downstream	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream
1022 K	1022 K	1022 K	1022 K	1022 K	790 K	557 K
2040 K	1632 K	1308 K	1340 K	1022 K	790 K	557 K
50,00%	62,00%	78,00%	76,00%	100,00%	100,00%	100,00%
9,5 dB	7,5 dB	6,0 dB	6,0 dB	6,0 dB	6,5 dB	6,0 dB
50,5 dB	52,8 dB	55,0 dB	56,4 dB	58,5 dB	60,8 dB	63,0 dB
12,7 dBm	12,6 dBm	13,5 dBm	14,5 dBm	15,0 dBm	14,9 dBm	14,8 dBm
0	0	0	0	0,5	0,6	0,4

4050	4200
Downstream	Downstream
312 K	108 K
312 K	108 K
100%	100%
6,0 dB	6,0 dB
64,0 dB	65,5 dB
12,4 dBm	11,8 dBm
0,8	2,9

2.5 Tabulka naměřených hodnot – Upload

Vzdálenost [m]	0	150	300	450	600	750
Down/Up	Upstream	Upstream	Upstream	Upstream	Upstream	Upstream
Aktuální rychlost	509 K	509 K	509 K	509 K	509 K	509 K
Maximální rychlost	1387 K	1387 K	1387 K	1387 K	1387 K	1387 K
Kapacita	37%	37%	37%	37%	37%	37%
Noise Margin	31,0 dB	31,0 dB	31,0 dB	31,0 dB	31,0 dB	31,0 dB
Attenuation	0,0 dB	0,6 dB	2,3 dB	4,2 dB	5,9 dB	7,8 dB
Tx Power	8,9 dBm	8,6 dBm	9,1 dBm	7,5 dBm	9,2 dBm	9,2 dBm
INP	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
Link Up	Value	Value	Value	Value	Value	Value
Training Time	34 s	39 s	34 s	35 s	35 s	34 s
CO Vendor ID	BDCM	BDCM	BDCM	BDCM	BDCM	BDCM
Profile	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

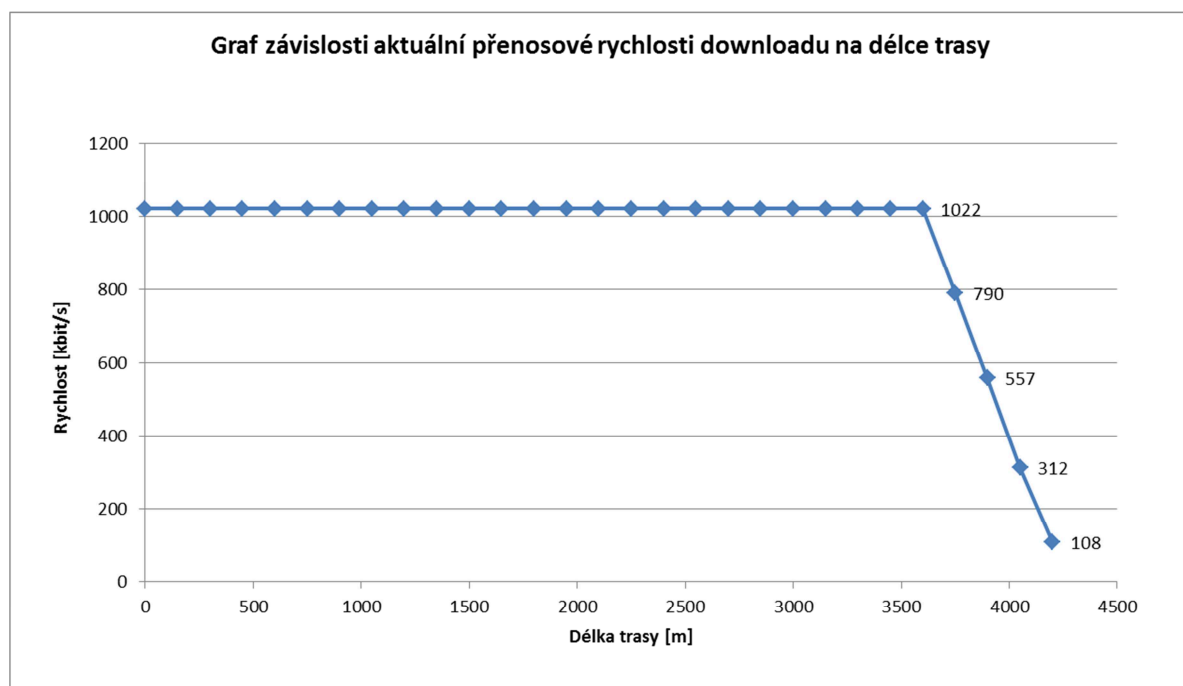
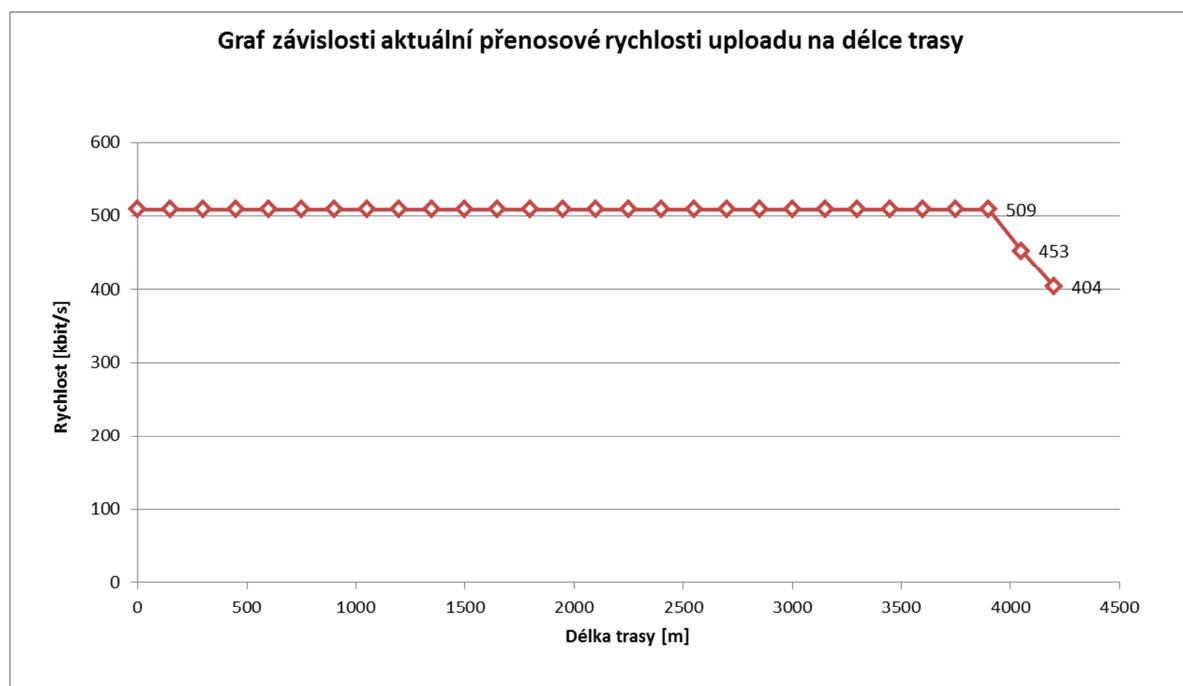
900	1050	1200	1350	1500	1650	1800
Upstream	Upstream	Upstream	Upstream	Upstream	Upstream	Upstream
509 K	509 K	509 K	509 K	509 K	509 K	509 K
1387 K	1387 K	1387 K	1299 K	1334 K	1311 K	1222 K
37%	37%	37%	39%	38%	39%	42%
31,0 dB	31,0 dB	31,0 dB	29,9 dB	30,9 dB	29,8 dB	27,3 dB
9,6 dB	11,3 dB	13,1 dB	15,0 dB	16,8 dB	18,7 dB	20,5 dB
8,9 dBm	8,2 dBm	10,1 dBm	12,2 dBm	12,2 dBm	12,2 dBm	12,0 dBm
3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value
38 s	34 s	37 s	33 s	34 s	35 s	34 s
BDCM	BDCM	BDCM	BDCM	BDCM	BDCM	BDCM
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

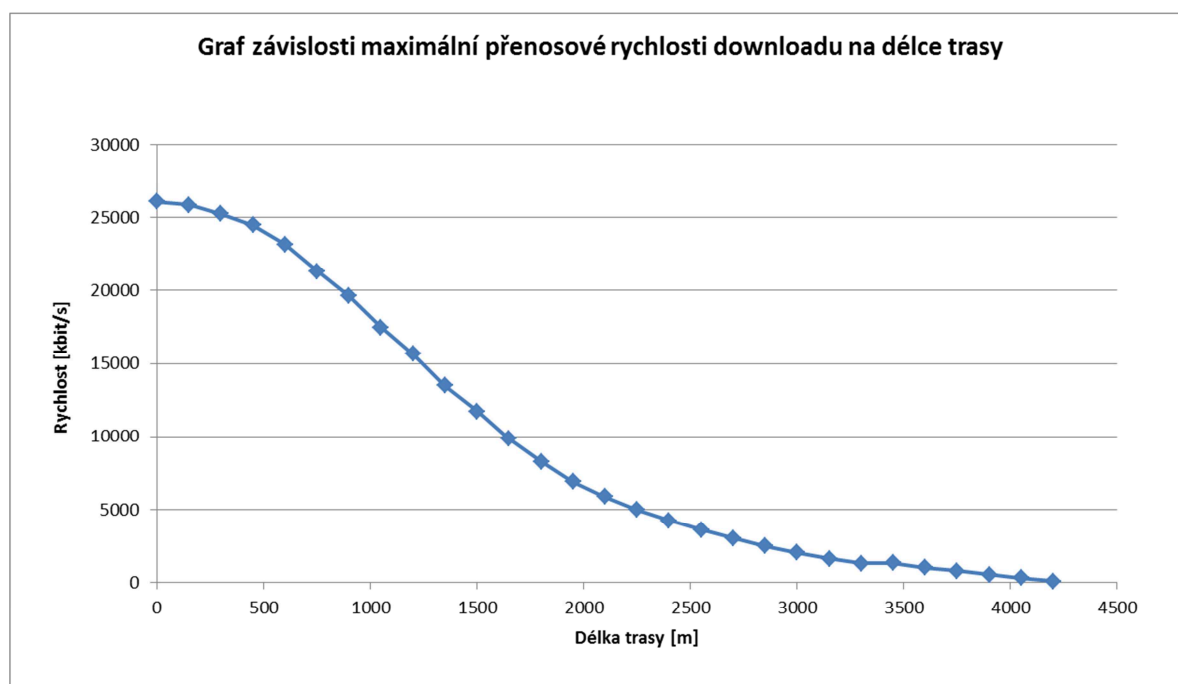
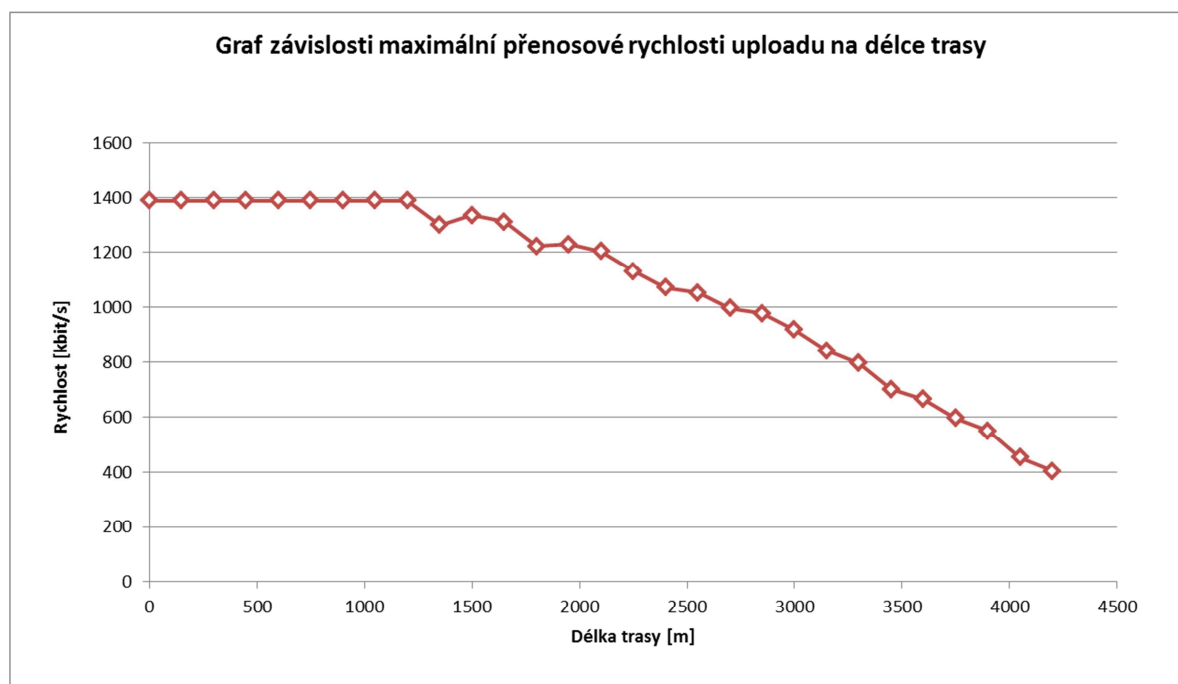
1950	2100	2250	2400	2550	2700	2850
Upstream	Upstream	Upstream	Upstream	Upstream	Upstream	Upstream
509 K	509 K	509 K	509 K	509 K	509 K	509 K
1229 K	1203 K	1130 K	1070 K	1051 K	996 K	977 K
41%	42%	45%	48%	48%	51%	52%
27,4 dB	26,6 dB	24,5 dB	22,8 dB	22,1 dB	20,7 dB	19,8 dB
22,3 dB	24,1 dB	25,9 dB	27,6 dB	29,6 dB	31,2 dB	33,1 dB
12,2 dBm	12,2 dBm	12,2 dBm	12,2 dBm	12,2 dBm	12,2 dBm	12,1 dBm
3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value
34 s	33 s	34 s	33 s	37 s	33 s	33 s
BDCM	BDCM	BDCM	BDCM	BDCM	BDCM	BDCM
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

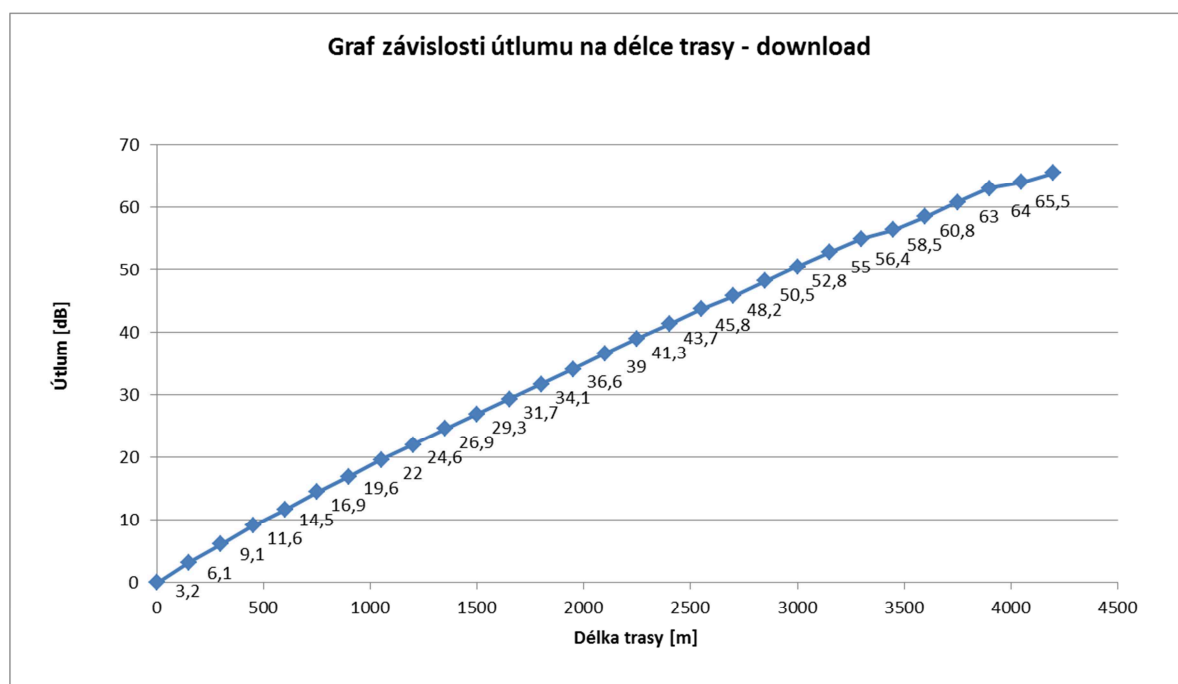
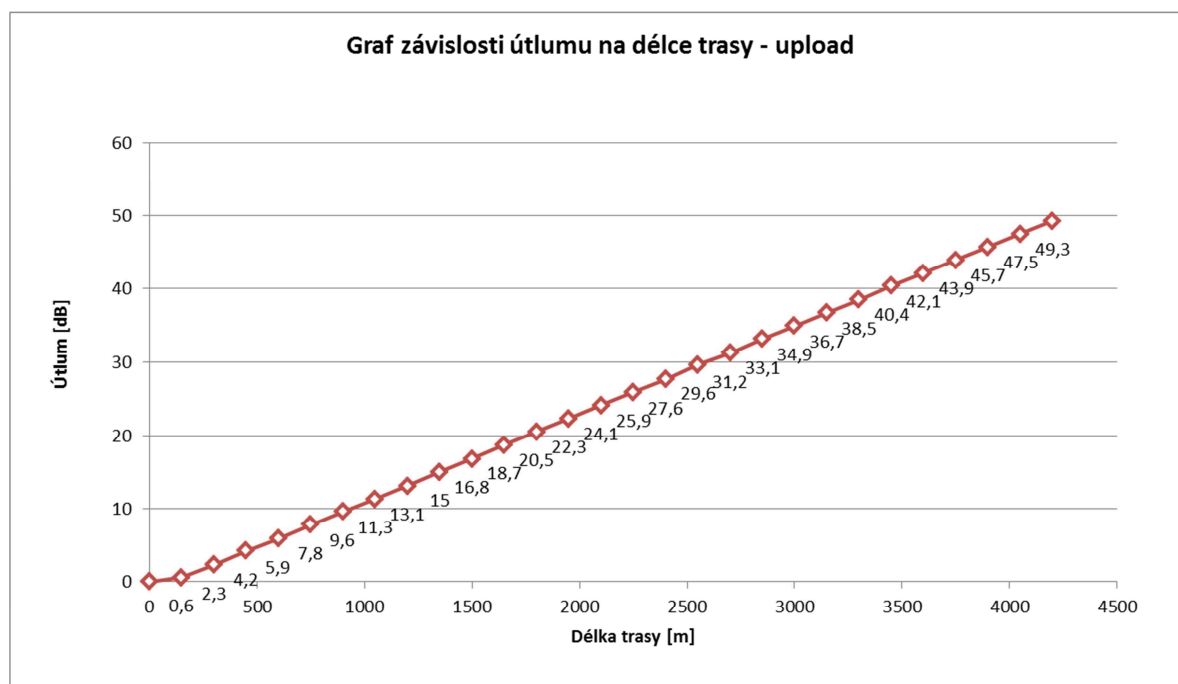
3000	3150	3300	3450	3600	3750	3900
Upstream	Upstream	Upstream	Upstream	Upstream	Upstream	Upstream
509 K	509 K	509 K	509 K	509 K	509 K	509 K
917 K	840 K	795 K	701 K	664 K	596 K	551 K
56%	61%	64%	73%	77%	85%	92%
18,1 dB	15,9 dB	14,6 dB	11,8 dB	10,8 dB	8,6 dB	7,0 dB
34,9 dB	36,7 dB	38,5 dB	40,4 dB	42,1 dB	43,9 dB	45,7 dB
12,2 dBm	12,2 dBm	12,2 dBm	12,2 dBm	12,2 dBm	12,2 dBm	12,0 dBm
3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value
35 s	35 s	34 s	64 s	66 s	64 s	63 s
BDCM	BDCM	BDCM	BDCM	BDCM	BDCM	BDCM
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

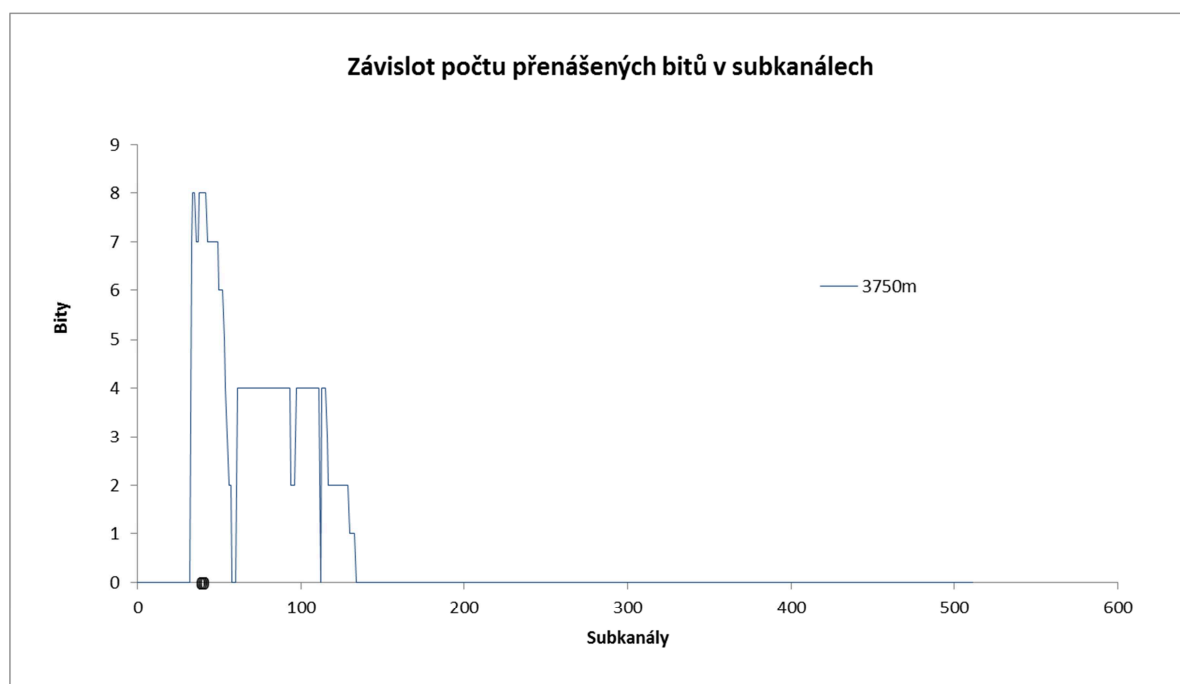
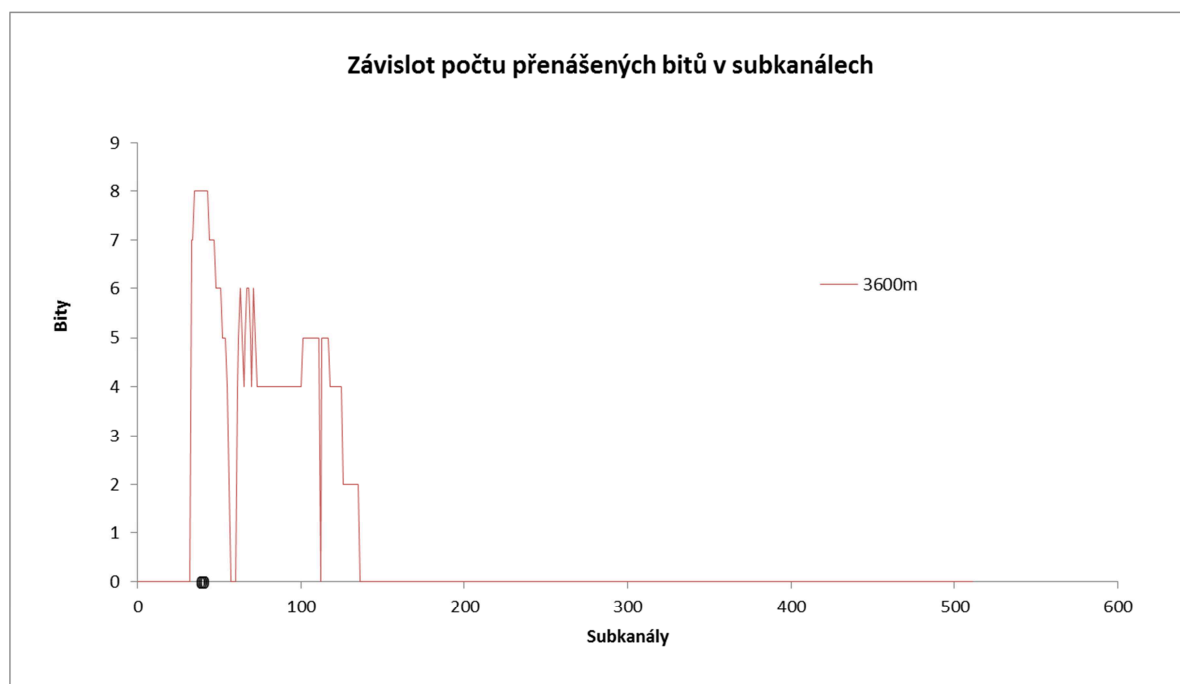
4050	4200
Upstream	Upstream
453 K	404 K
453 K	404 K
100%	100%
6,0 dB	5,7 dB
47,5 dB	49,3 dB
12,2 dBm	12,1 dBm
2,6	2,3
Value	Value
36 s	32 s
BDCM	BDCM
N/A	N/A

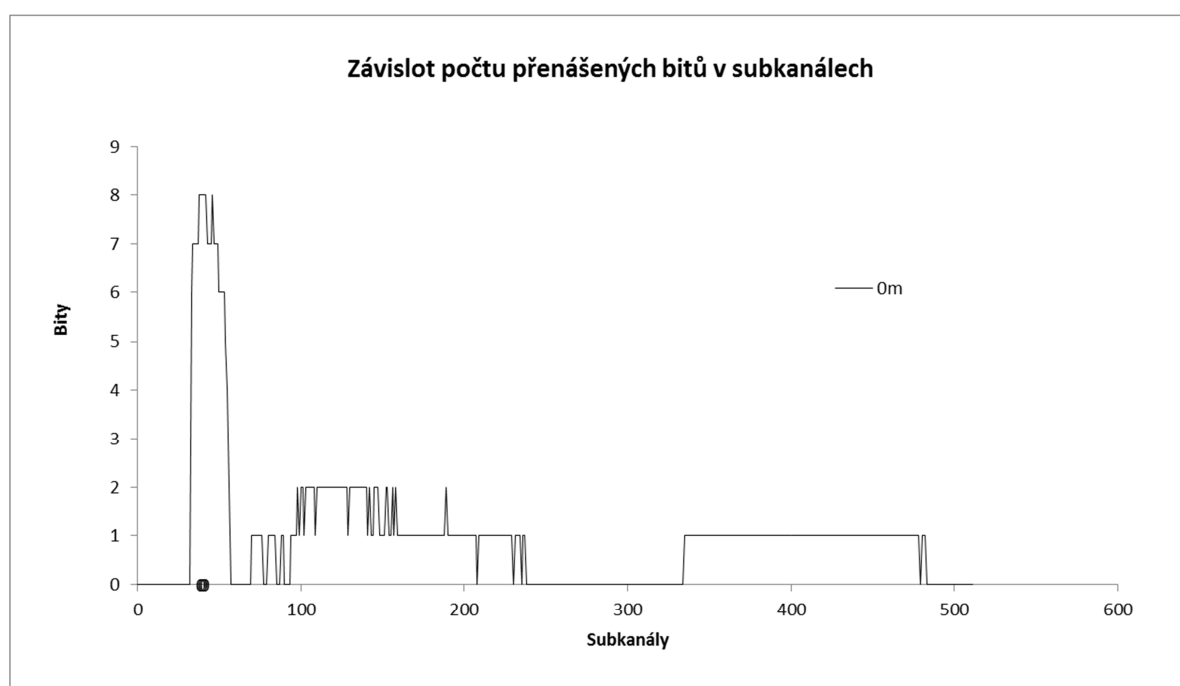
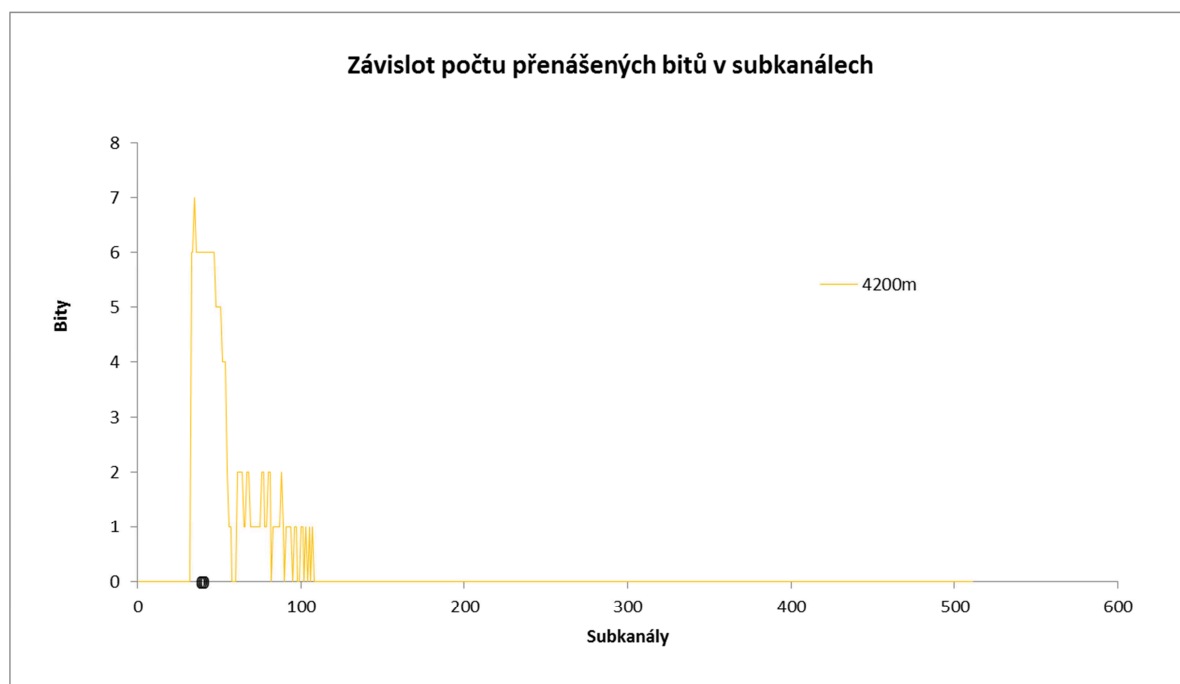
2.6 Grafické vyhodnocení

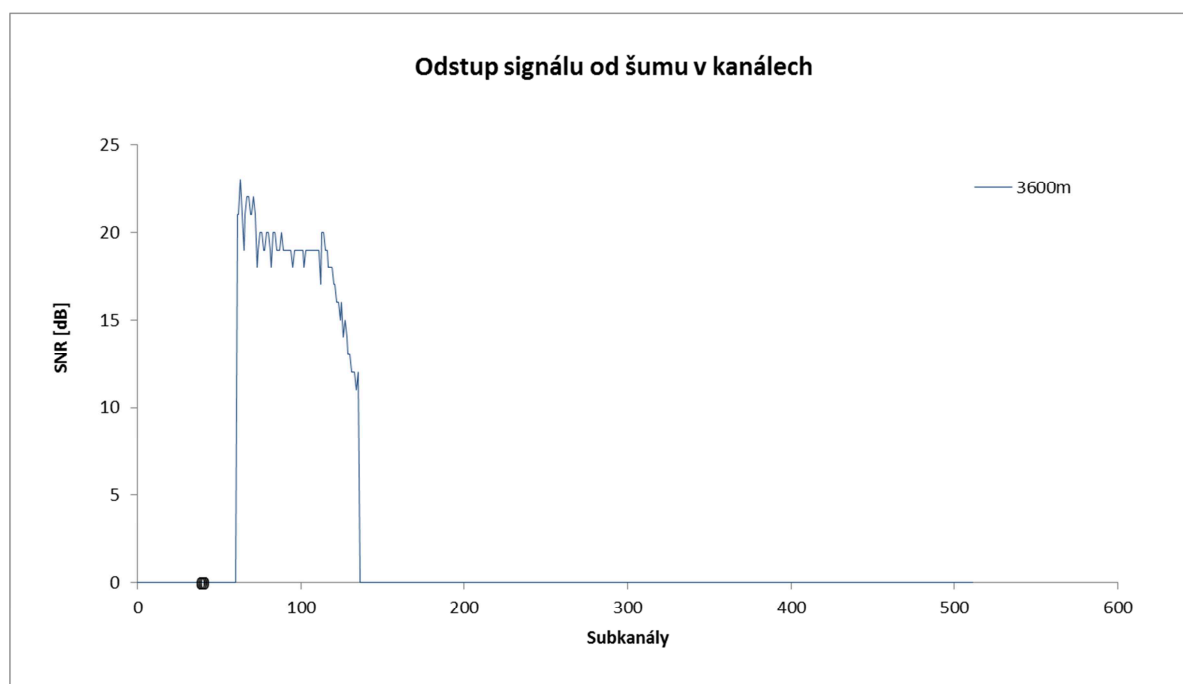
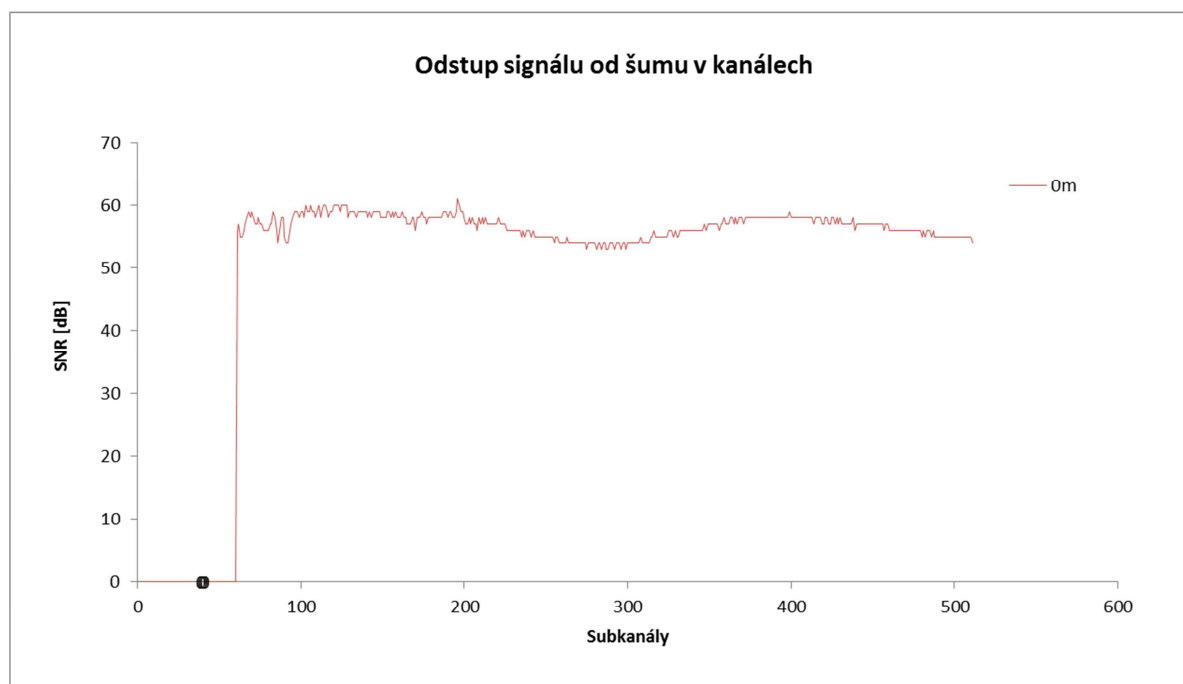


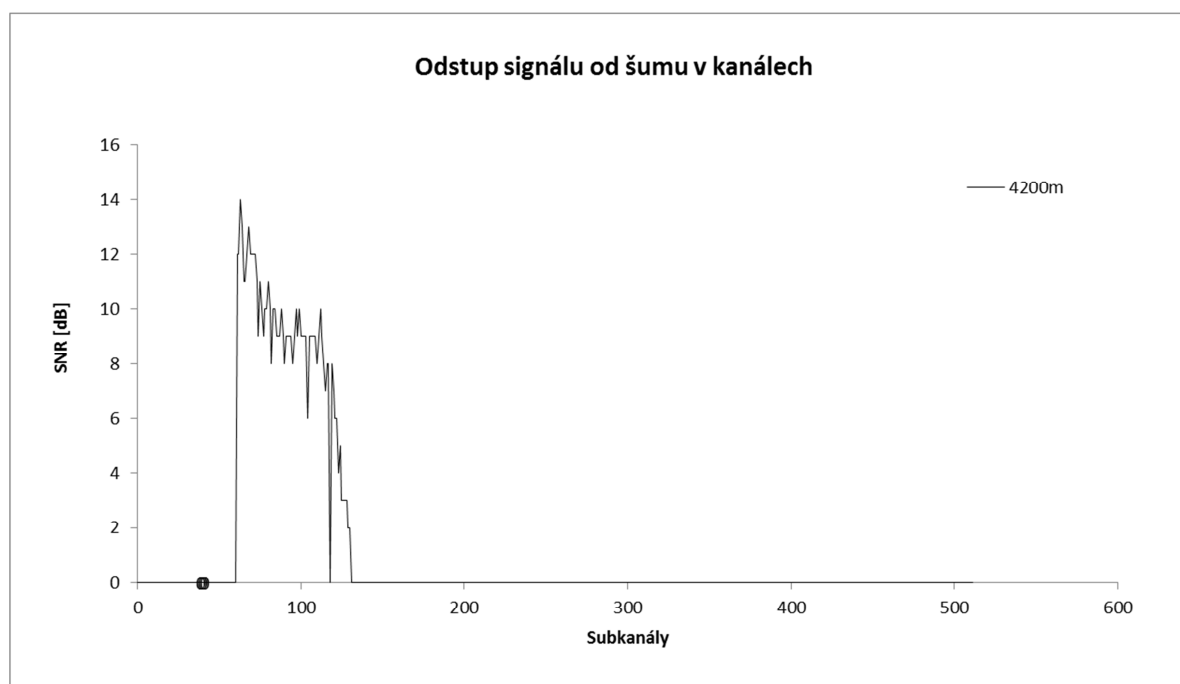
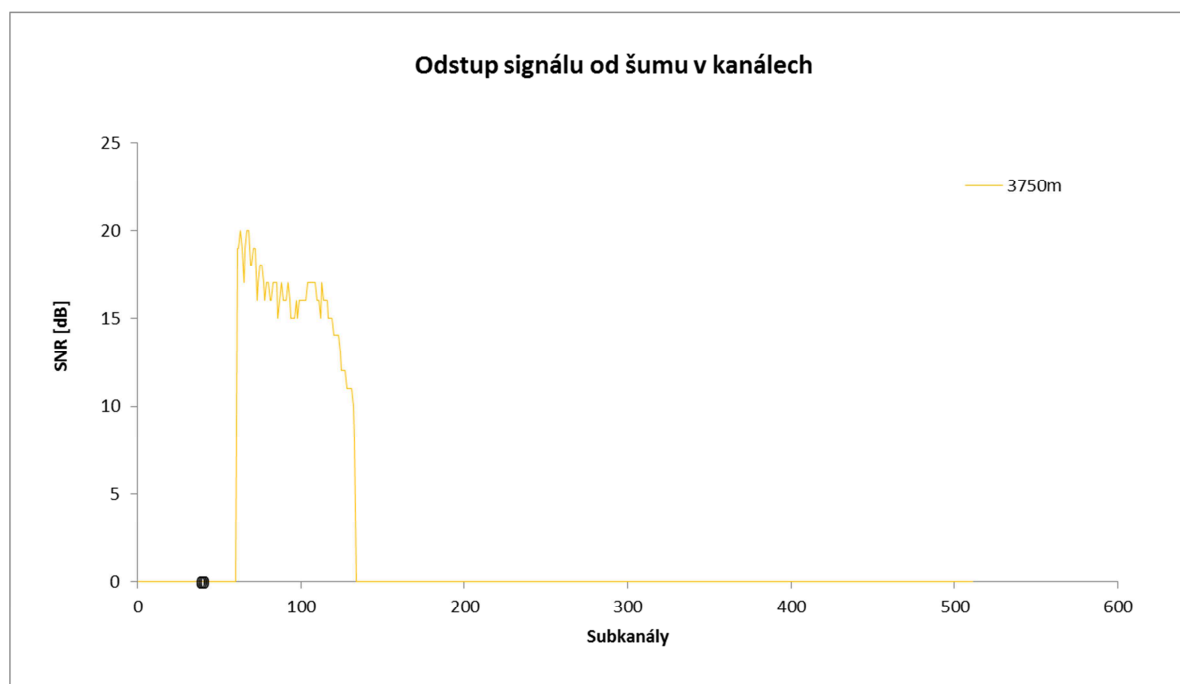












2.7 Závěr formou shrnující tabulky

V této tabulce jsou shrnuty nejdůležitější poznatky z měření. Ostatní parametry lze odečíst z grafů či tabulky naměřených hodnot.

Trasa č. 1	Download	Upload
Nastavená přenosová rychlost	1024 kbit/s	512 kbit/s
Bod zlomu rychlosti	3600 m	3600 m
Max. dosažitelná vzdálenost	4200 m	4200 m
Poslední měřitelná rychlost	108 kbit/s	404 kbit/s
Útlum posledním měřeného bodu	65,5 dB	49,3 dB

3 PROTOKOL Z MĚŘENÍ NA TRASE Č.2

Nastavená rychlost pro trasu č.2: 2048/512 kbit/s – Annex B

3.1 Zadání

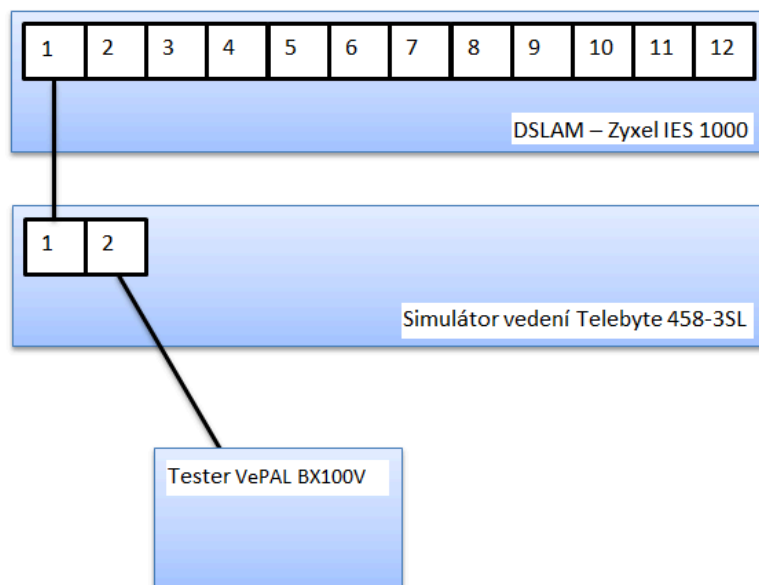
Proměřit zadanou trasu pomocí analyzátoru VePal při nastavené rychlosti po kroku měření 150 m až po hodnotu, kdy se již měřicí přístroj nespojí s DSLAMEM. Veškeré hodnoty zaznamenat do xls souboru, ze kterého následně daná data vyhodnotit a vynést do grafu.

3.2 Použité měřicí přístroje

Tester VDSL – VePAL BX100V, Simulátor vedení Telebyte 458-3SL, ZyXEL IES-100m DC

3.3 Postup měření

Nejdříve jsem dle blokového schématu zapojení uvedeném na obrázku přístroje zapojil. Dále poté zapnul tester a za pomoci tlačítka „apply“ začal měřit ve vzdálenosti 0 m (kterou jsem nastavil na simulátoru vedení). Měření chvíli trvalo, po zobrazení údajů na displeji jsem údaje uložil a zkontroloval, zda-li jsou všechny hodnoty uloženy správně. Následně jsem měření opakoval vždy po kroku 150 m až do chvíle, kdy spojení nebylo navázáno. Hodnoty jsem s pomocí PC programu načetl do počítače a následně vygeneroval sadu protokolů ve formátu pdf a xls.



Obrázek 3-1 Blokové schéma zapojení

3.4 Tabulka naměřených hodnot - Download

Vzdálenost [m]	0	150	300	450	600	750
Down/Up	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream
Aktuální rychlost	2047 K	2047 K	2047 K	2047 K	2047 K	2047 K
Maximální rychlost	26036 K	25664 K	25104 K	23732 K	22380 K	20272 K
Kapacita	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09	0,1
Noise Margin	48,0 dB	47,0 dB	45,5 dB	44,0 dB	42,5 dB	40,0 dB
Attenuation	0,0 dB	3,4 dB	6,4 dB	9,4 dB	12,0 dB	14,8 dB
Tx Power	8,7 dBm	11,7 dBm	14,2 dBm	15,5 dBm	15,1 dBm	14,9 dBm
INP	0	0	0	0	0	0
Link Up						
Training Time						
CO Vendor ID						
Profile						

900	1050	1200	1350	1500	1650	1800
Downstream	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream
2047 K	2047 K	2047 K	2047 K	2047 K	2047 K	2047 K
18392 K	16224 K	14416 K	12340 K	10652 K	8740 K	7368 K
0,11	0,12	0,14	0,16	0,19	0,23	0,27
37,5 dB	35,5 dB	33,0 dB	30,0 dB	27,5 dB	25,0 dB	22,0 dB
17,3 dB	20,0 dB	22,4 dB	25,0 dB	27,3 dB	29,8 dB	32,1 dB
14,7 dBm	14,5 dBm	14,4 dBm	14,4 dBm	14,4 dBm	14,3 dBm	14,3 dBm
0	0	0	0	0	0	0

1950	2100	2250	2400	2550	2700	2850
Downstream	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream
2047 K	2047 K	2047 K	2047 K	2047 K	2047 K	2046 K
5924 K	5000 K	4200 K	3600 K	3004 K	2472 K	2072 K
0,34	0,4	0,48	0,56	0,68	0,82	0,98
19,0 dB	16,0 dB	13,0 dB	10,5 dB	7,5 dB	6,5 dB	6,5 dB
34,6 dB	37,1 dB	39,4 dB	41,8 dB	44,2 dB	46,4 dB	48,7 dB
14,1 dBm	14,0 dBm	14,0 dBm	13,8 dBm	13,9 dBm	14,7 dBm	15,2 dBm
0	0	0	0	0	0	0

3000	3150	3300	3450	3600	3750	3900
Downstream	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream
2045 K	1585 K	1249 K	1026 K	821 K	635 K	426 K
2152 K	1585 K	1249 K	1026 K	821 K	635 K	426 K
0,95	1	1	1	1	1	1
6,5 dB	6,0 dB	6,0 dB	6,5 dB	6,5 dB	6,5 dB	6,0 dB
49,9 dB	52,3 dB	54,6 dB	57,0 dB	59,2 dB	61,6 dB	62,7 dB
17,1 dBm	15,9 dBm	14,7 dBm	14,5 dBm	14,0 dBm	13,4 dBm	11,3 dBm
0	0,6	0,4	0,5	0,6	0,4	0,6

4050	4200
Downstream	Downstream
300 K	224 K
300 K	224 K
1	1
6,0 dB	6,0 dB
64,4 dB	66,2 dB
11,0 dBm	10,7 dBm
0,8	1,5

3.5 Tabulka naměřených hodnot – Upload

Vzdálenost [m]	0	150	300	450	600	750
Down/Up	Upstream	Upstream	Upstream	Upstream	Upstream	Upstream
Aktuální rychlost	509 K	509 K	509 K	509 K	509 K	509 K
Maximální rychlost	1387 K	1387 K	1387 K	1387 K	1387 K	1387 K
Kapacita	0,3669791	0,3669791	0,3669791	0,3669791	0,3669791	0,3669791
Noise Margin	31,0 dB	31,0 dB	31,0 dB	31,0 dB	31,0 dB	31,0 dB
Attenuation	0,0 dB	1,5 dB	3,3 dB	5,1 dB	6,8 dB	8,8 dB
Tx Power	9,1 dBm	9,0 dBm	9,0 dBm	9,4 dBm	8,5 dBm	8,3 dBm
INP	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
Link Up	Value	Value	Value	Value	Value	Value
Training Time	38 s	39 s	37 s	34 s	35 s	35 s
CO Vendor ID	BDCM	BDCM	BDCM	BDCM	BDCM	BDCM
Profile	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

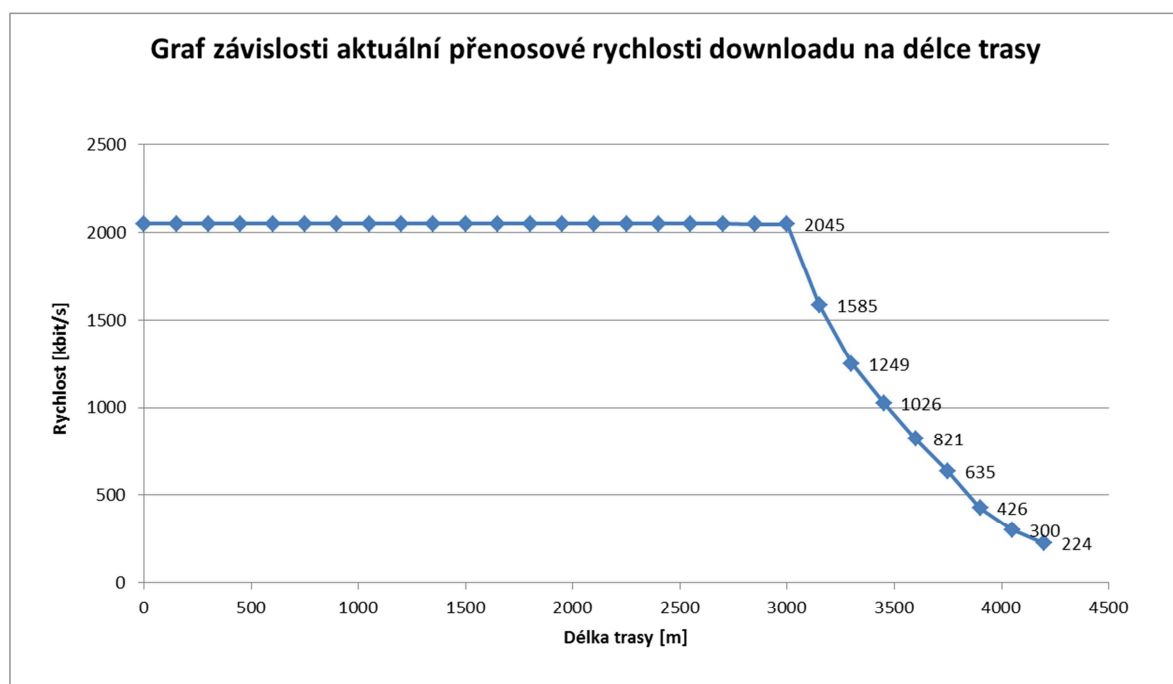
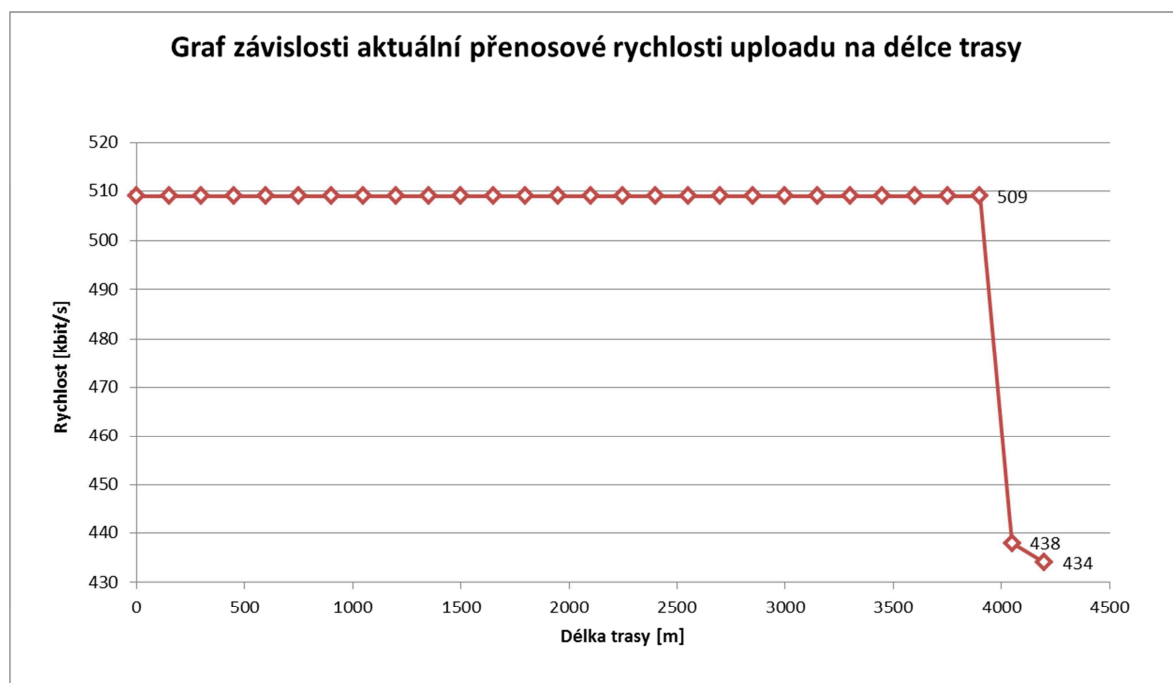
900	1050	1200	1350	1500	1650	1800
Upstream	Upstream	Upstream	Upstream	Upstream	Upstream	Upstream
509 K	509 K	509 K	509 K	509 K	509 K	509 K
1387 K	1355 K	1363 K	1315 K	1330 K	1299 K	1249 K
0,3669791	0,3756458	0,3734409	0,3870722	0,3827068	0,3918399	0,407526
30,7 dB	31,0 dB	31,0 dB	31,0 dB	31,0 dB	29,6 dB	28,0 dB
10,6 dB	12,5 dB	14,2 dB	16,1 dB	17,9 dB	19,8 dB	21,6 dB
10,2 dBm	11,4 dBm	11,0 dBm	12,1 dBm	11,7 dBm	12,2 dBm	12,1 dBm
3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value
35 s	35 s	34 s	35 s	34 s	34 s	37 s
BDCM	BDCM	BDCM	BDCM	BDCM	BDCM	BDCM
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

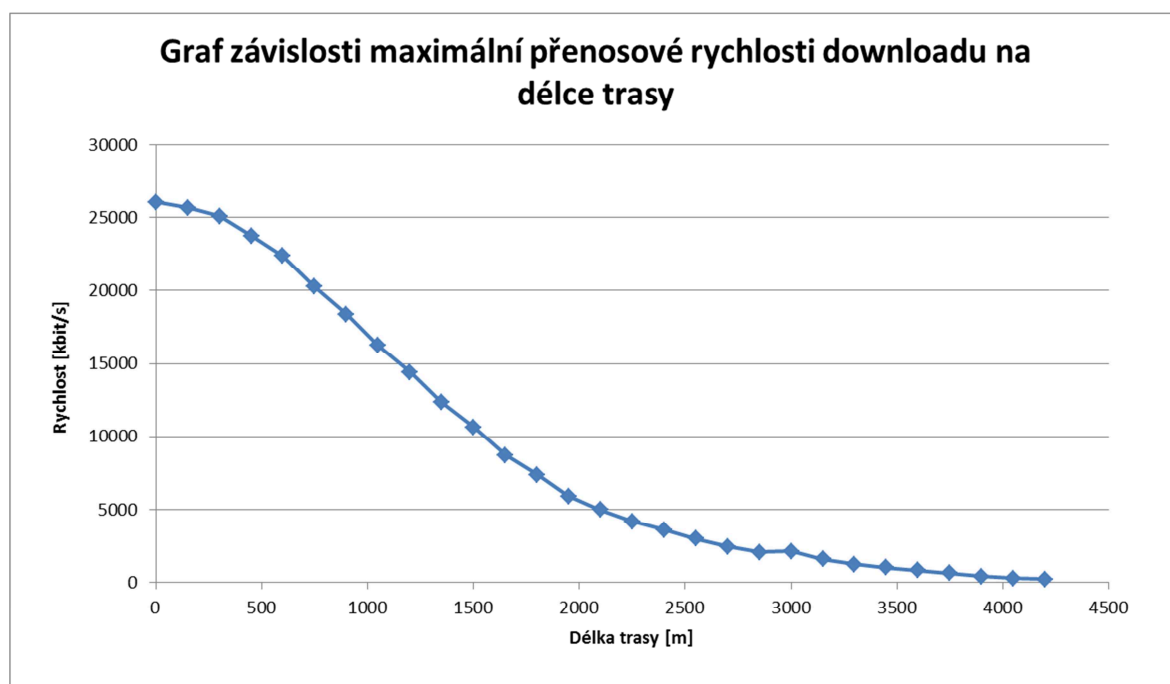
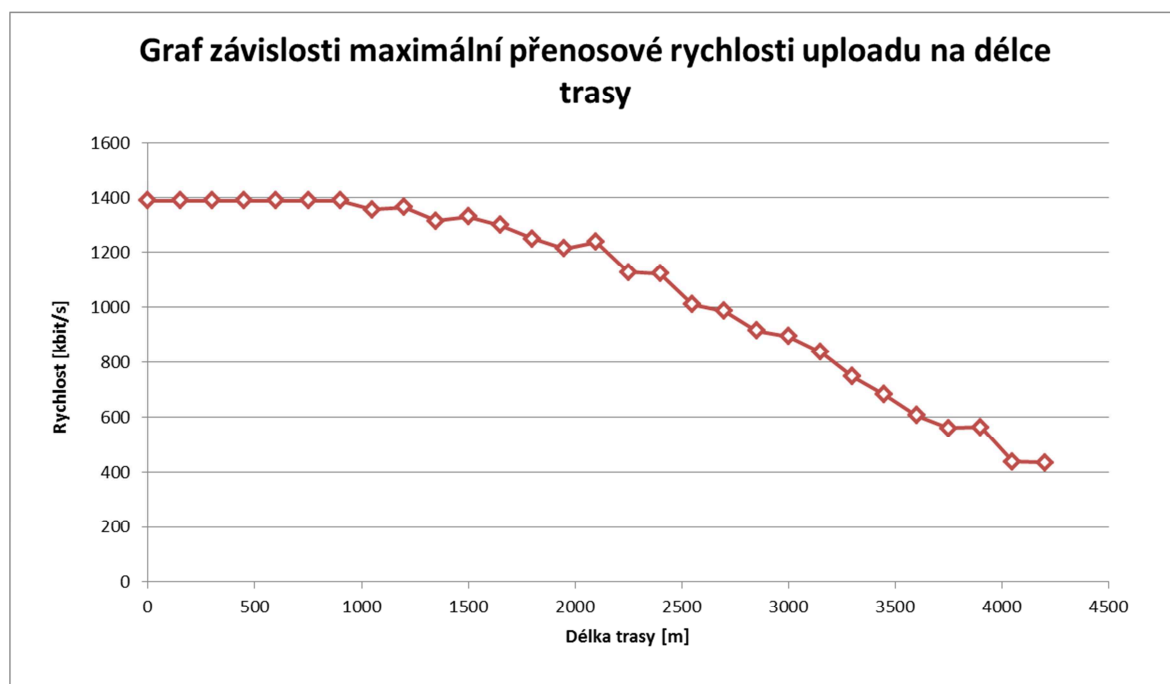
1950	2100	2250	2400	2550	2700	2850
Upstream	Upstream	Upstream	Upstream	Upstream	Upstream	Upstream
509 K	509 K	509 K	509 K	509 K	509 K	509 K
1214 K	1237 K	1126 K	1121 K	1009 K	985 K	913 K
0,4192751	0,4114794	0,4520427	0,4540589	0,5044598	0,5167513	0,5575027
27,0 dB	27,7 dB	24,5 dB	24,2 dB	20,9 dB	20,3 dB	18,0 dB
23,5 dB	25,3 dB	27,1 dB	28,9 dB	30,7 dB	32,4 dB	34,3 dB
12,2 dBm	12,2 dBm	12,2 dBm	12,2 dBm	12,2 dBm	12,2 dBm	12,2 dBm
3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value
34 s	34 s	35 s	35 s	37 s	35 s	36 s
BDCM	BDCM	BDCM	BDCM	BDCM	BDCM	BDCM
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

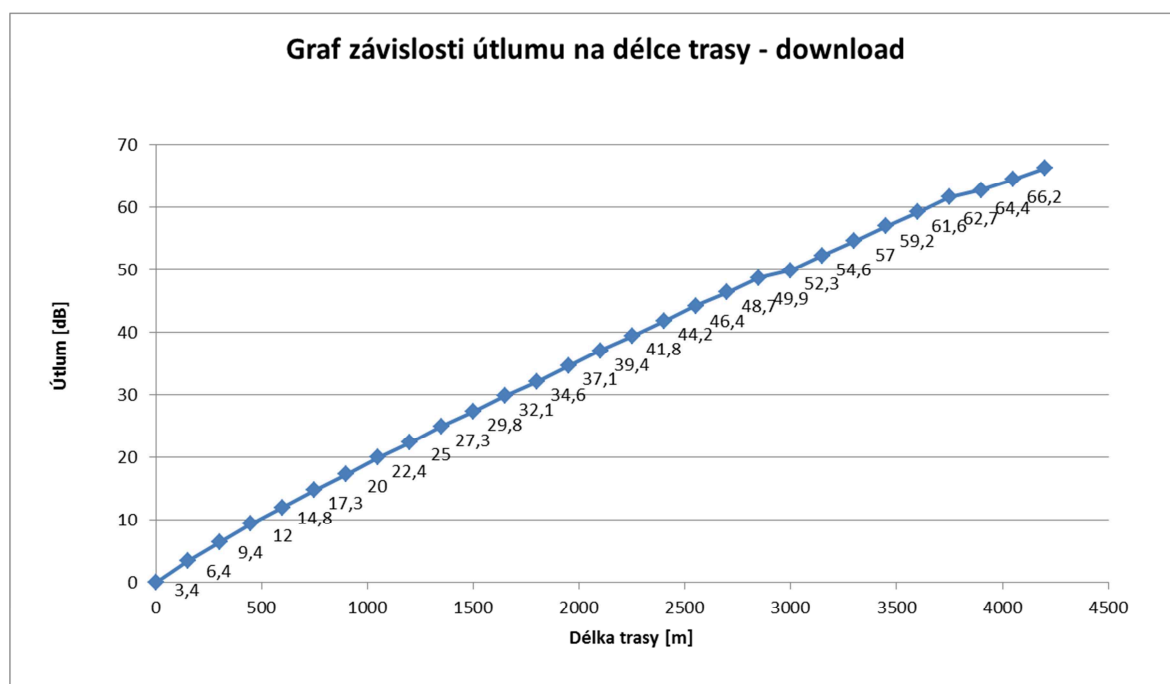
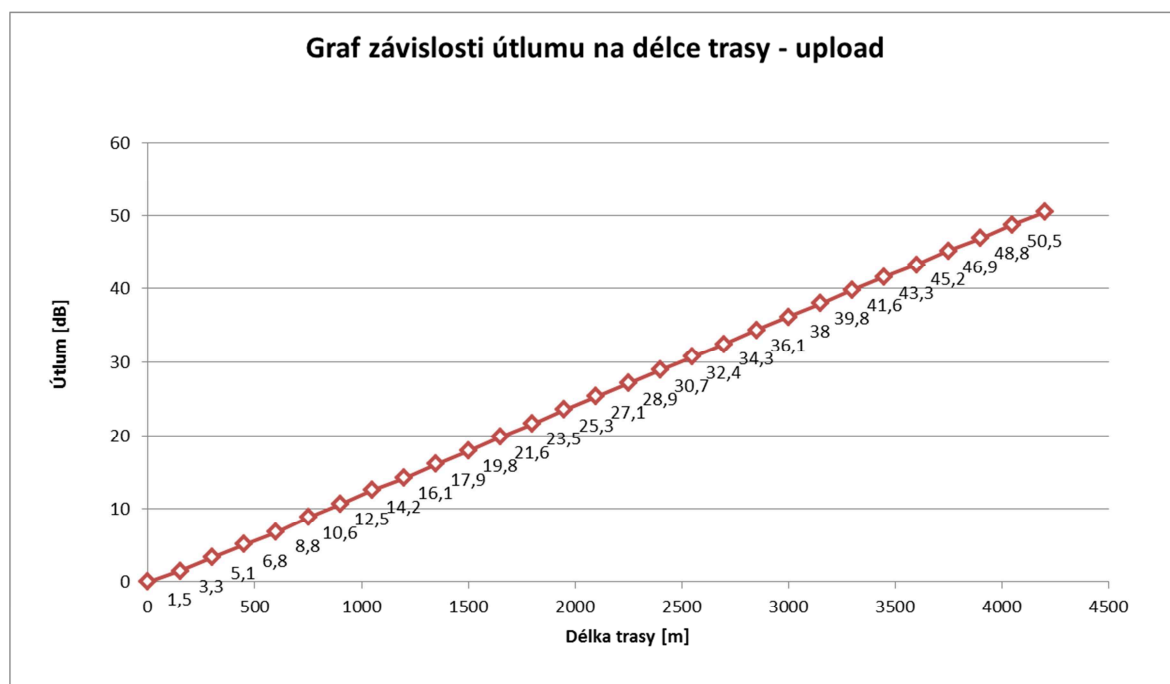
3000	3150	3300	3450	3600	3750	3900
Upstream	Upstream	Upstream	Upstream	Upstream	Upstream	Upstream
509 K	509 K	509 K	509 K	509 K	509 K	509 K
894 K	836 K	747 K	681 K	607 K	561 K	564 K
0,5693513	0,6088517	0,6813923	0,7474303	0,8385503	0,9073084	0,9024823
17,4 dB	15,7 dB	13,3 dB	11,2 dB	9,0 dB	7,6 dB	7,6 dB
36,1 dB	38,0 dB	39,8 dB	41,6 dB	43,3 dB	45,2 dB	46,9 dB
12,2 dBm	12,2 dBm	12,2 dBm	12,1 dBm	12,2 dBm	12,2 dBm	12,2 dBm
3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value
65 s	67 s	62 s	64 s	64 s	64 s	33 s
BDCM	BDCM	BDCM	BDCM	BDCM	BDCM	BDCM
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

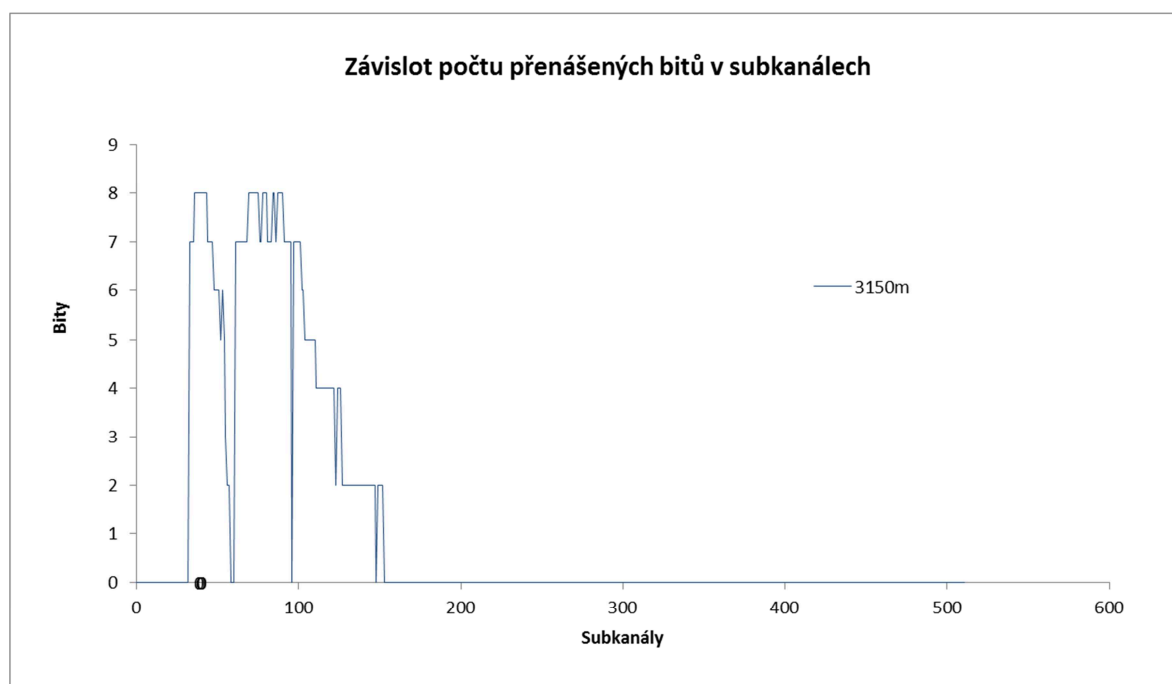
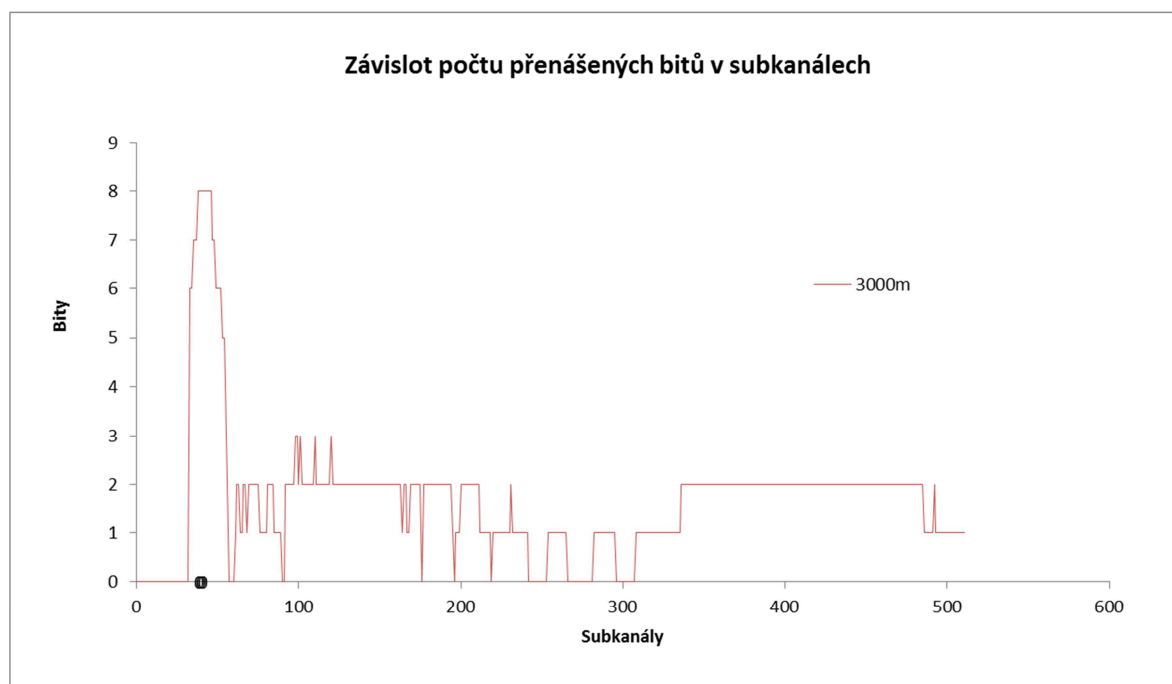
4050	4200
Upstream	Upstream
438 K	434 K
438 K	434 K
1	1
6,1 dB	6,3 dB
48,8 dB	50,5 dB
12,2 dBm	12,2 dBm
2,2	2,2
Value	Value
36 s	36 s
BDCM	BDCM
N/A	N/A

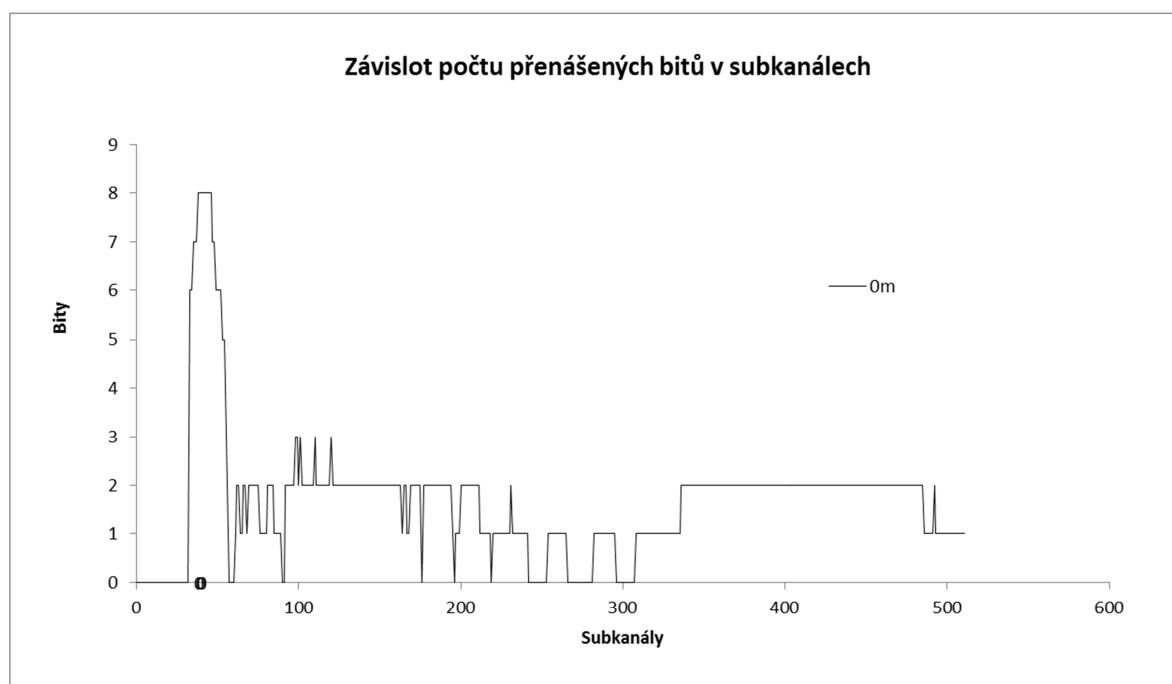
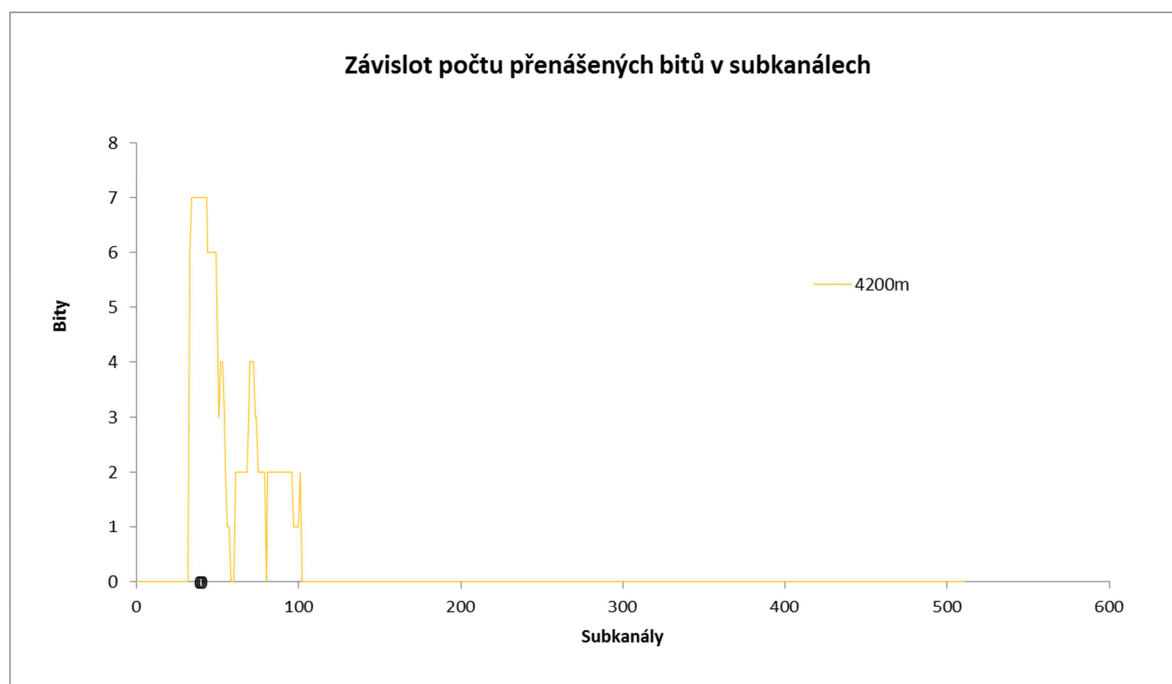
3.6 Grafické vyhodnocení

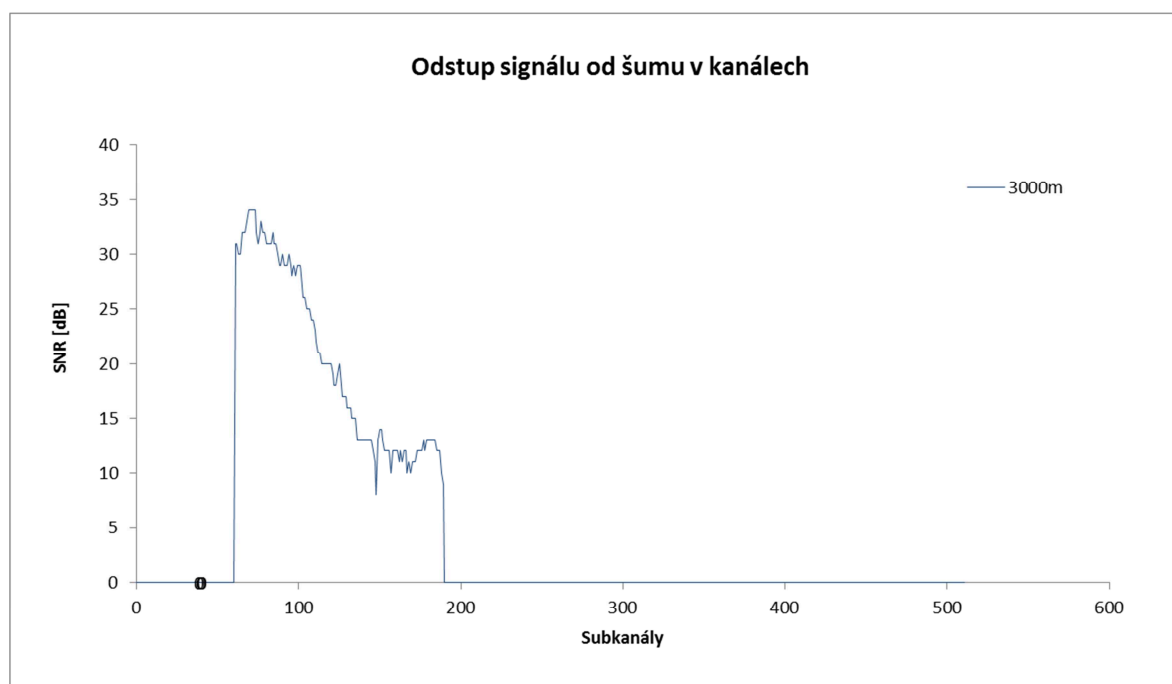
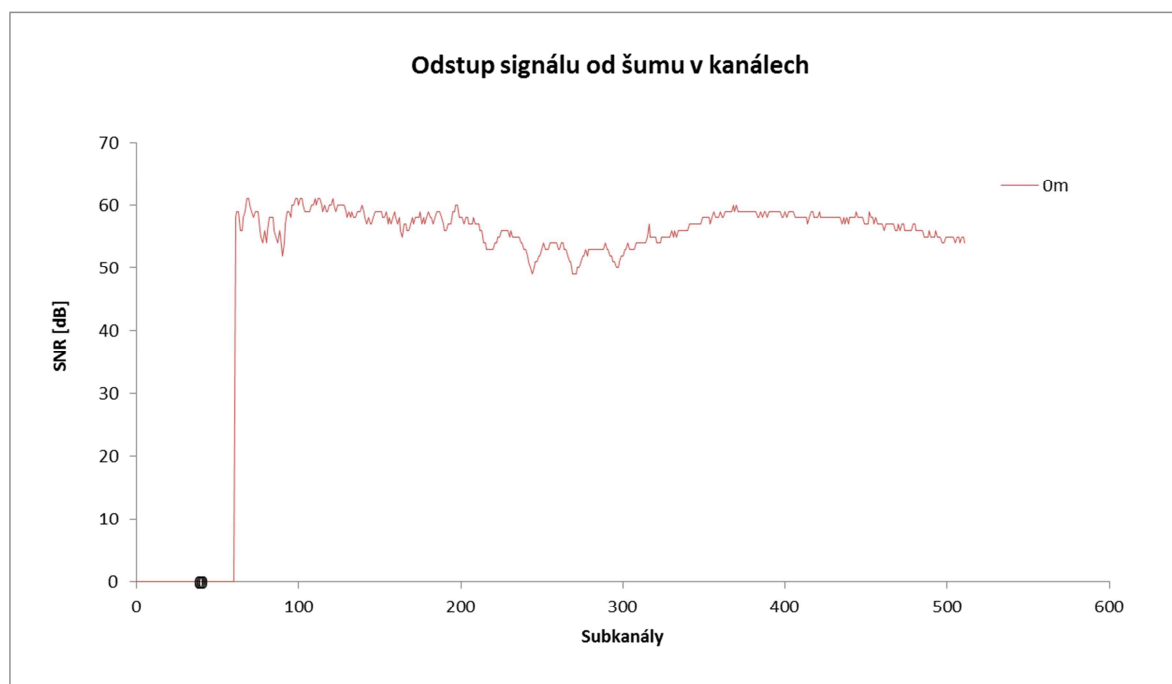


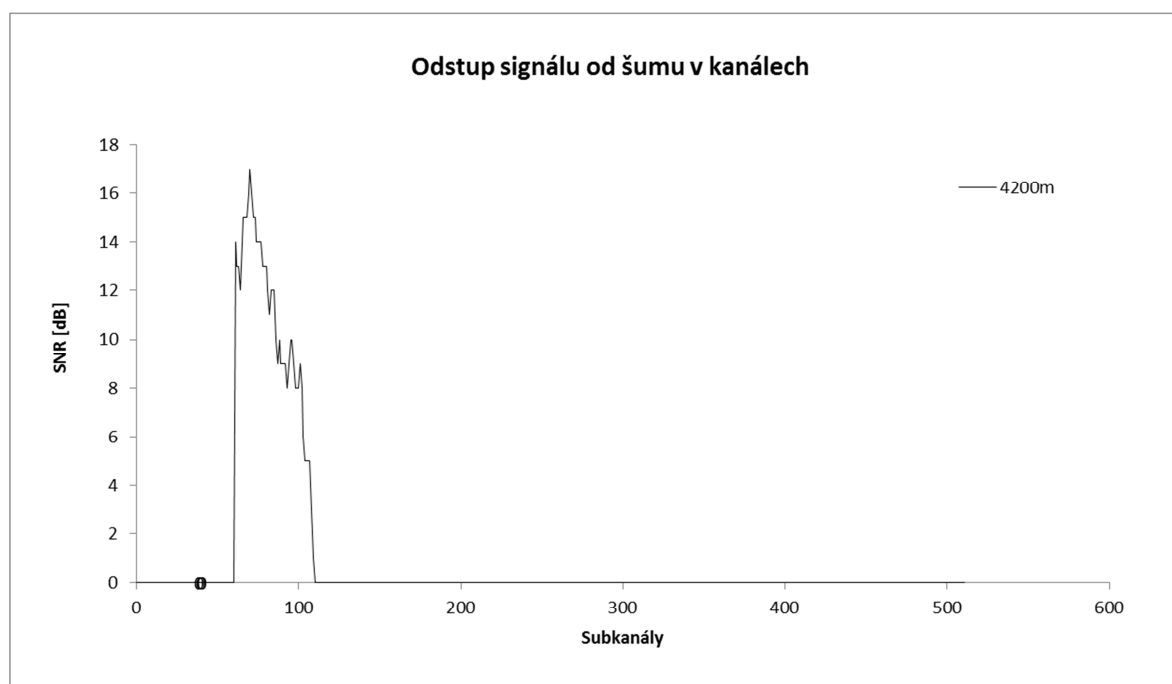
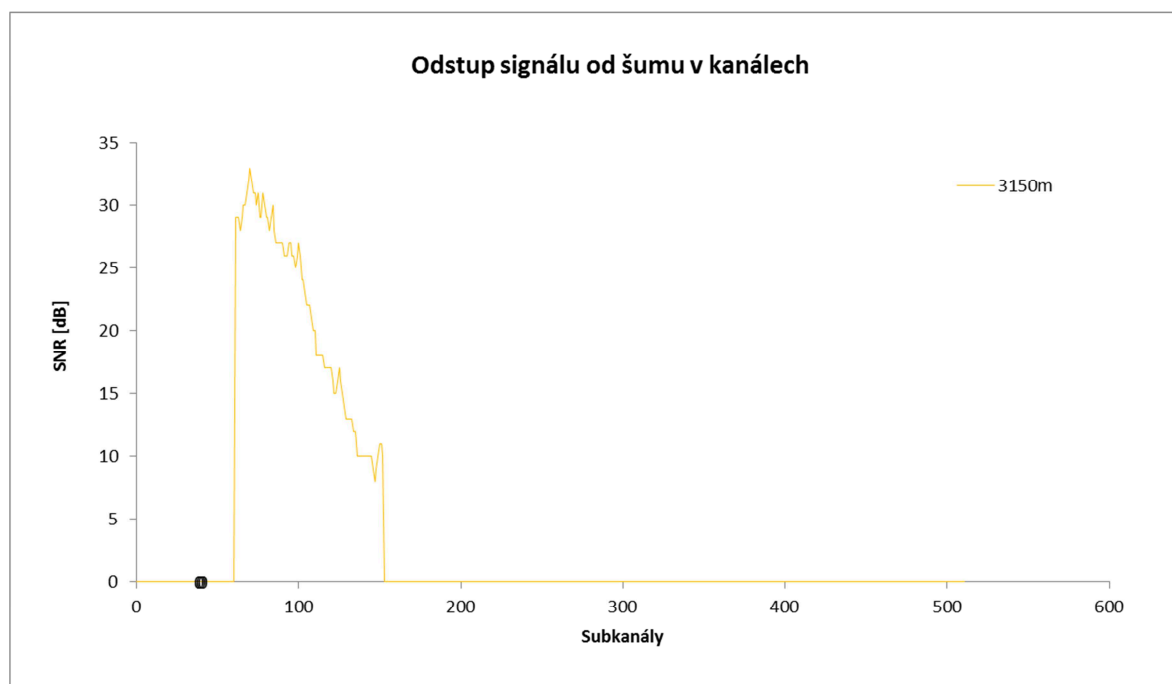












3.7 Závěr formou shrnující tabulky

V této tabulce jsou shrnuty nejdůležitější poznatky z měření. Ostatní parametry lze odečíst z grafů či tabulky naměřených hodnot.

Trasa č. 2	Download	Upload
Nastavená přenosová rychlost	2048 kbit/s	2048 kbit/s
Bod zlomu rychlosti	3000 m	3000 m
Max. dosažitelná vzdálenost	4200 m	4200 m
Poslední měřitelná rychlost	224 kbit/s	434 kbit/s
Útlum posledním měřeného bodu	66,2 dB	50,5 dB

4 PROTOKOL Z MĚŘENÍ NA TRASE Č.3

Nastavená rychlost pro trasu č.3: 3072/512 kbit/s – Annex B

4.1 Zadání

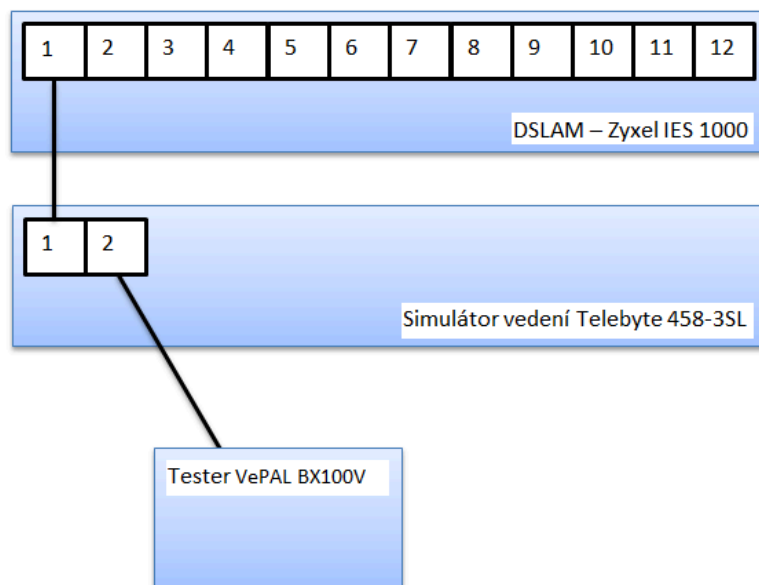
Proměřit zadanou trasu pomocí analyzátoru VePal při nastavené rychlosti po kroku měření 150 m až po hodnotu, kdy se již měřicí přístroj nespojí s DSLAMEM. Veškeré hodnoty zaznamenat do xls souboru, ze kterého následně daná data vyhodnotit a vynést do grafu.

4.2 Použité měřicí přístroje

Tester VDSL – VePAL BX100V, Simulátor vedení Telebyte 458-3SL, ZyXEL IES-100m DC

4.3 Postup měření

Nejdříve jsem dle blokového schématu zapojení uvedeném na obrázku přístroje zapojil. Dále poté zapnul tester a za pomoci tlačítka „apply“ začal měřit ve vzdálenosti 0 m (kterou jsem nastavil na simulátoru vedení). Měření chvíli trvalo, po zobrazení údajů na displeji jsem údaje uložil a zkontroloval, zda-li jsou všechny hodnoty uloženy správně. Následně jsem měření opakoval vždy po kroku 150 m až do chvíle, kdy spojení nebylo navázáno. Hodnoty jsem s pomocí PC programu načetl do počítače a následně vygeneroval sadu protokolů ve formátu pdf a xls.



Obrázek 4-1 Blokové schéma zapojení

4.4 Tabulka naměřených hodnot - Download

Vzdálenost [m]	0	150	300	450	600	750
Down/Up	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream
Aktuální rychlost	3071 K	3071 K	3071 K	3071 K	3071 K	3071 K
Maximální rychlost	25976 K	25712 K	25112 K	23764 K	22320 K	20340 K
Kapacita	0,11	0,11	0,12	0,12	0,13	0,15
Noise Margin	45,0 dB	44,5 dB	43,5 dB	42,0 dB	39,5 dB	36,5 dB
Attenuation	0,0 dB	3,4 dB	6,4 dB	9,4 dB	12,0 dB	14,8 dB
Tx Power	8,2 dBm	11,8 dBm	14,1 dBm	15,6 dBm	15,7 dBm	15,5 dBm
INP	0	0	0	0	0	0
Link Up						
Training Time						
CO Vendor ID						
Profile						

900	1050	1200	1350	1500	1650	1800
Downstream	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream
3071 K	3071 K	3071 K	3071 K	3071 K	3071 K	3071 K
18464 K	16272 K	14428 K	12360 K	10628 K	8784 K	7400 K
0,16	0,18	0,21	0,24	0,28	0,34	0,41
33,5 dB	31,0 dB	28,5 dB	25,0 dB	22,5 dB	19,5 dB	16,5 dB
17,3 dB	20,0 dB	22,4 dB	25,0 dB	27,3 dB	29,8 dB	32,1 dB
15,2 dBm	15,1 dBm	15,0 dBm	14,8 dBm	14,8 dBm	14,7 dBm	14,5 dBm
0	0	0	0	0	0	0

1950	2100	2250	2400	2550	2700	2850
Downstream	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream
3071 K	3071 K	3071 K	3072 K	3071 K	3066 K	2537 K
5940 K	5004 K	4212 K	3424 K	3580 K	3066 K	2537 K
0,51	0,61	0,72	0,89	0,85	1	1
13,5 dB	11,0 dB	7,5 dB	9,0 dB	6,0 dB	6,0 dB	6,5 dB
34,6 dB	37,0 dB	39,4 dB	37,2 dB	43,5 dB	45,3 dB	47,7 dB
14,5 dBm	14,4 dBm	14,4 dBm	19,0 dBm	17,4 dBm	17,6 dBm	17,5 dBm
0	0	0	0	0	0,3	0,4

3000	3150	3300	3450	3600	3750	3900
Downstream	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream
2148 K	1561 K	1265 K	1022 K	821 K	611 K	430 K
2148 K	1561 K	1265 K	1022 K	821 K	611 K	430 K
1	1	1	1	1	1	1
6,0 dB	6,0 dB	6,5 dB	6,0 dB	6,5 dB	6,5 dB	6,0 dB
49,9 dB	52,3 dB	54,5 dB	56,9 dB	59,1 dB	61,5 dB	62,6 dB
17,4 dBm	15,7 dBm	15,0 dBm	14,6 dBm	14,2 dBm	13,5 dBm	11,4 dBm
0,5	0,6	0,4	0,5	0,6	0,4	0,6

4050	4200
Downstream	Downstream
320 K	0 K
320 K	N/A
1	N/A
6,0 dB	0,0 dB
64,4 dB	0,0 dB
11,1 dBm	0,0 dBm
0,8	0

4.5 Tabulka naměřených hodnot – Upload

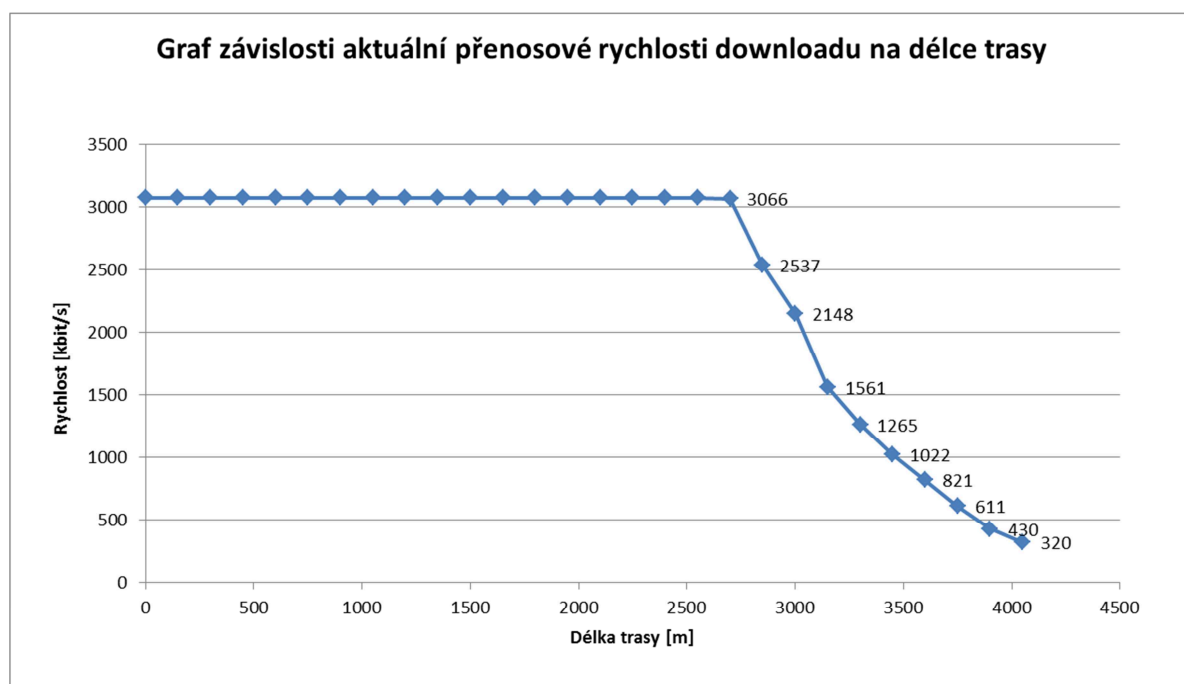
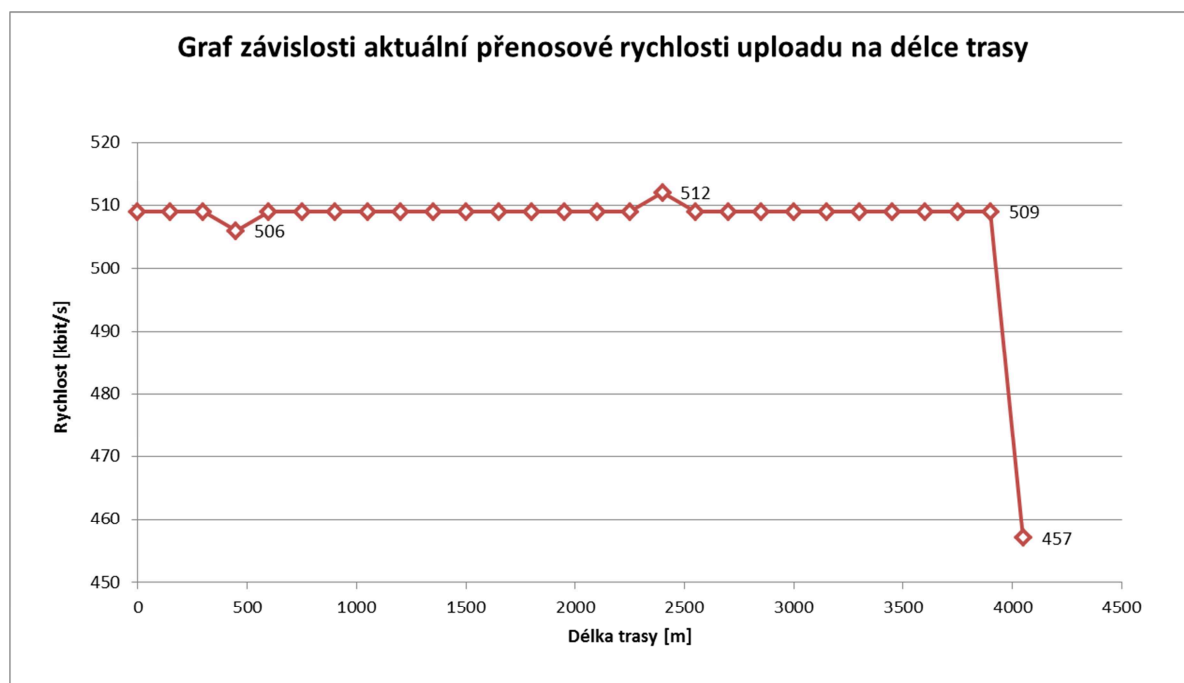
Vzdálenost [m]	0	150	300	450	600	750
Down/Up	Upstream	Upstream	Upstream	Upstream	Upstream	Upstream
Aktuální rychlost	509 K	509 K	509 K	506 K	509 K	509 K
Maximální rychlost	1387 K	1387 K	1387 K	1399 K	1387 K	1387 K
Kapacita	0,3669791	0,3669791	0,3669791	0,3616869	0,3669791	0,3669791
Noise Margin	31,0 dB	31,0 dB	31,0 dB	31,0 dB	31,0 dB	31,0 dB
Attenuation	0,0 dB	1,7 dB	3,5 dB	5,3 dB	7,0 dB	9,0 dB
Tx Power	8,1 dBm	9,9 dBm	9,7 dBm	7,9 dBm	9,7 dBm	9,9 dBm
INP	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
Link Up	Value	Value	Value	Value	Value	Value
Training Time	35 s	35 s	35 s	34 s	36 s	34 s
CO Vendor ID	BDCM	BDCM	BDCM	BDCM	BDCM	BDCM
Profile	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

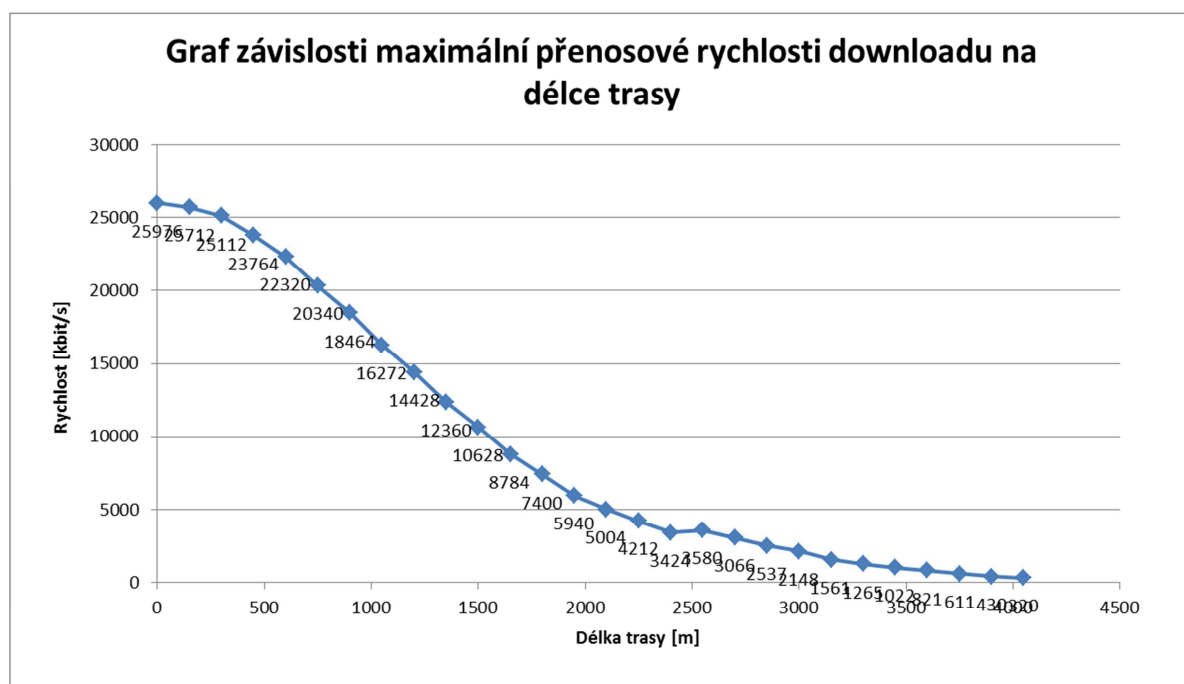
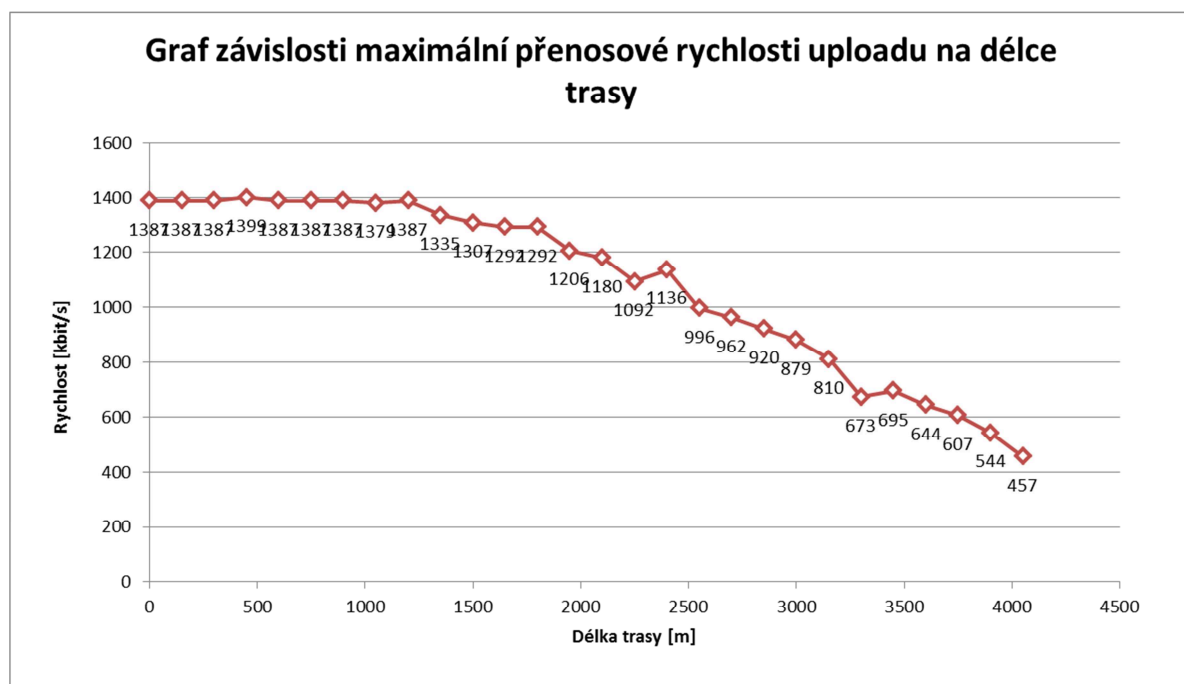
900	1050	1200	1350	1500	1650	1800
Upstream	Upstream	Upstream	Upstream	Upstream	Upstream	Upstream
509 K	509 K	509 K	509 K	509 K	509 K	509 K
1387 K	1379 K	1387 K	1335 K	1307 K	1292 K	1292 K
0,3669791	0,369108	0,3669791	0,3812734	0,3894415	0,3939629	0,3939629
31,0 dB	31,0 dB	31,0 dB	31,0 dB	30,4 dB	29,4 dB	29,3 dB
10,8 dB	12,7 dB	14,4 dB	16,3 dB	18,2 dB	20,0 dB	21,8 dB
8,1 dBm	10,0 dBm	10,1 dBm	11,7 dBm	12,2 dBm	12,2 dBm	12,1 dBm
3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value
33 s	35 s	34 s	33 s	35 s	34 s	33 s
BDCM	BDCM	BDCM	BDCM	BDCM	BDCM	BDCM
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

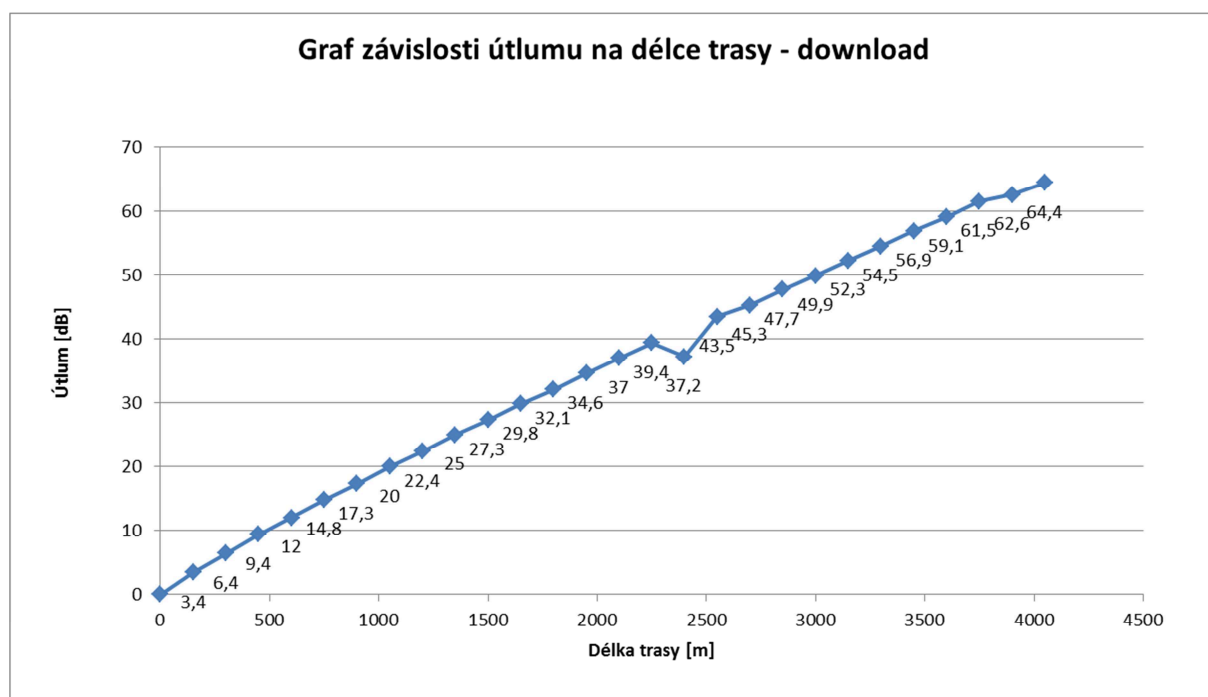
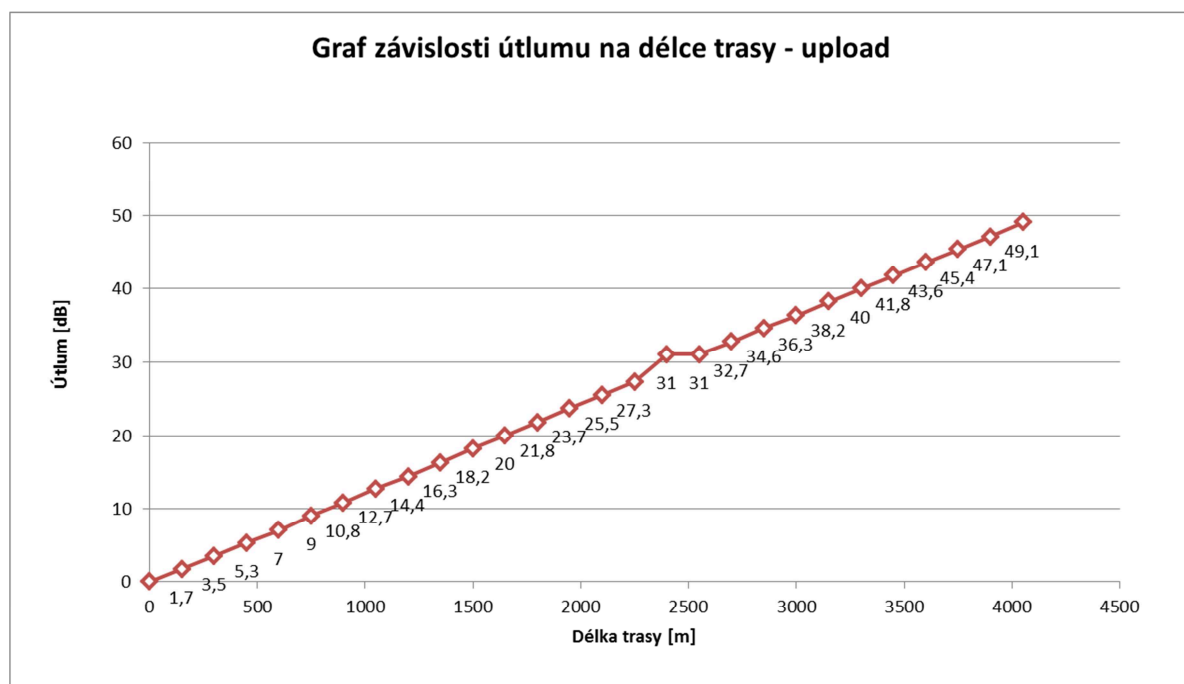
1950	2100	2250	2400	2550	2700	2850
Upstream	Upstream	Upstream	Upstream	Upstream	Upstream	Upstream
509 K	509 K	509 K	512 K	509 K	509 K	509 K
1206 K	1180 K	1092 K	1136 K	996 K	962 K	920 K
0,4220564	0,4313559	0,4661172	0,4507042	0,5110442	0,529106	0,5532609
26,7 dB	26,1 dB	23,4 dB	20,0 dB	20,5 dB	19,5 dB	18,2 dB
23,7 dB	25,5 dB	27,3 dB	31,0 dB	31,0 dB	32,7 dB	34,6 dB
12,2 dBm	12,2 dBm	12,2 dBm	12,1 dBm	12,2 dBm	12,2 dBm	12,2 dBm
3,6	3,6	3,6	0	3,6	3,6	3,6
Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value
35 s	35 s	34 s	21 s	64 s	63 s	65 s
BDCM	BDCM	BDCM	0	BDCM	BDCM	BDCM
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

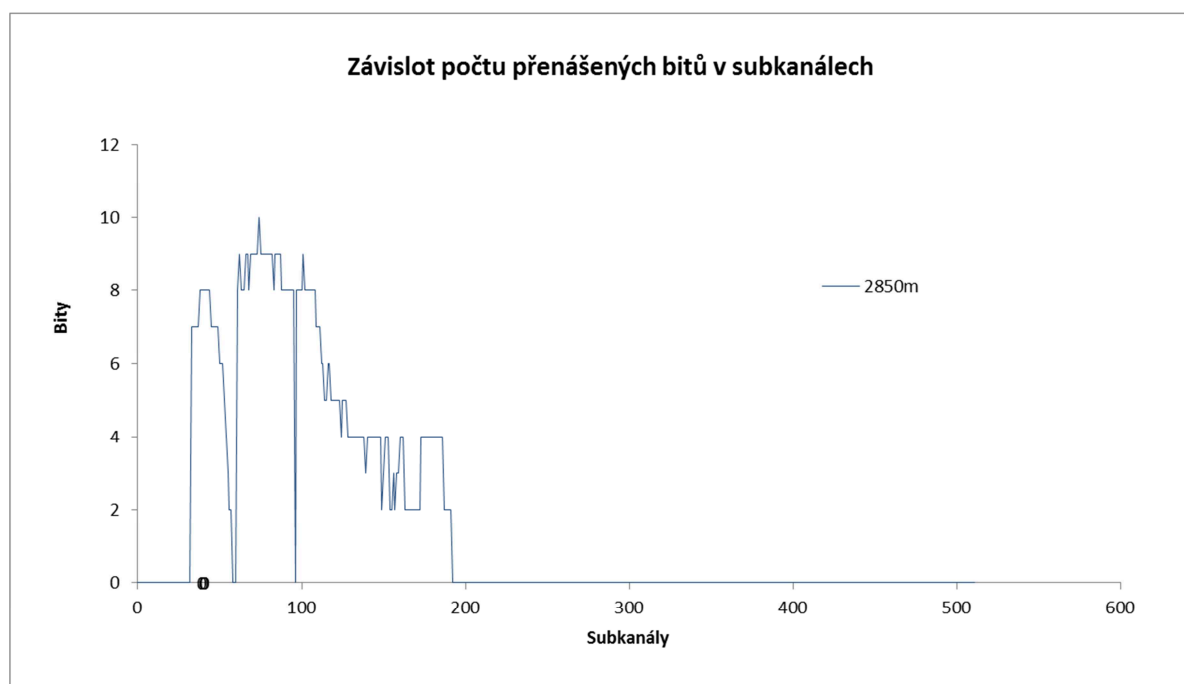
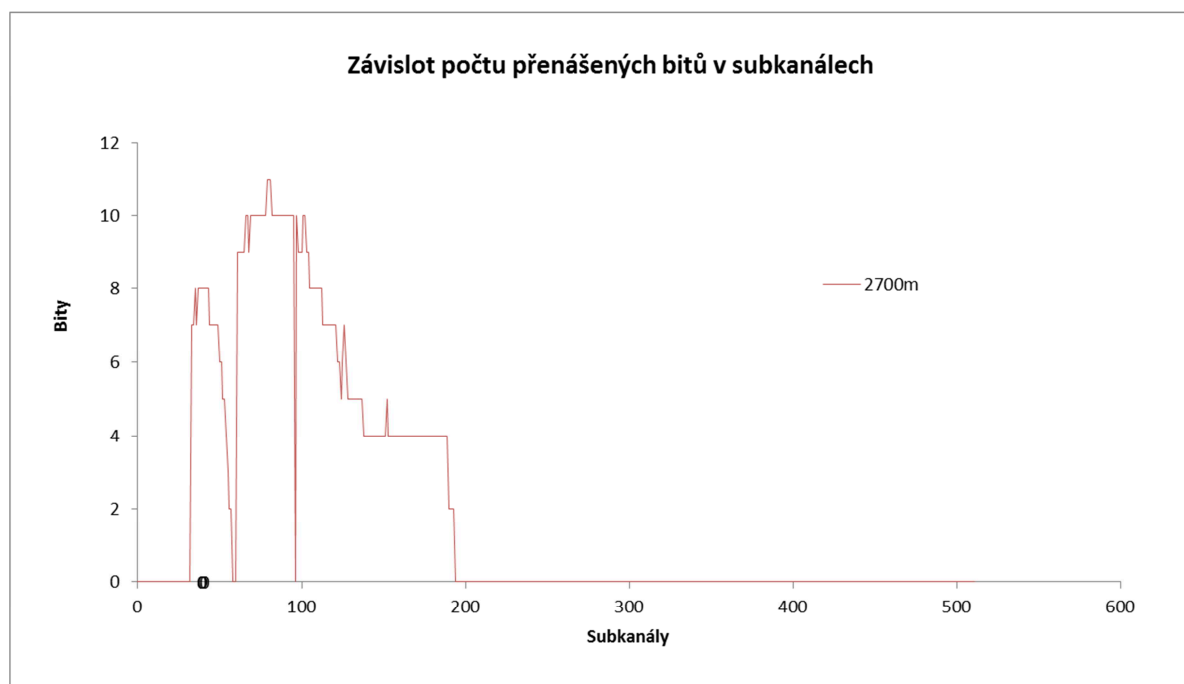
4050	4200
Upstream	Upstream
457 K	0 K
457 K	N/A
1	N/A
6,2 dB	0,0 dB
49,1 dB	0,0 dB
12,2 dBm	0,0 dBm
2,6	0
Value	Value
34 s	0 s
BDCM	
N/A	N/A

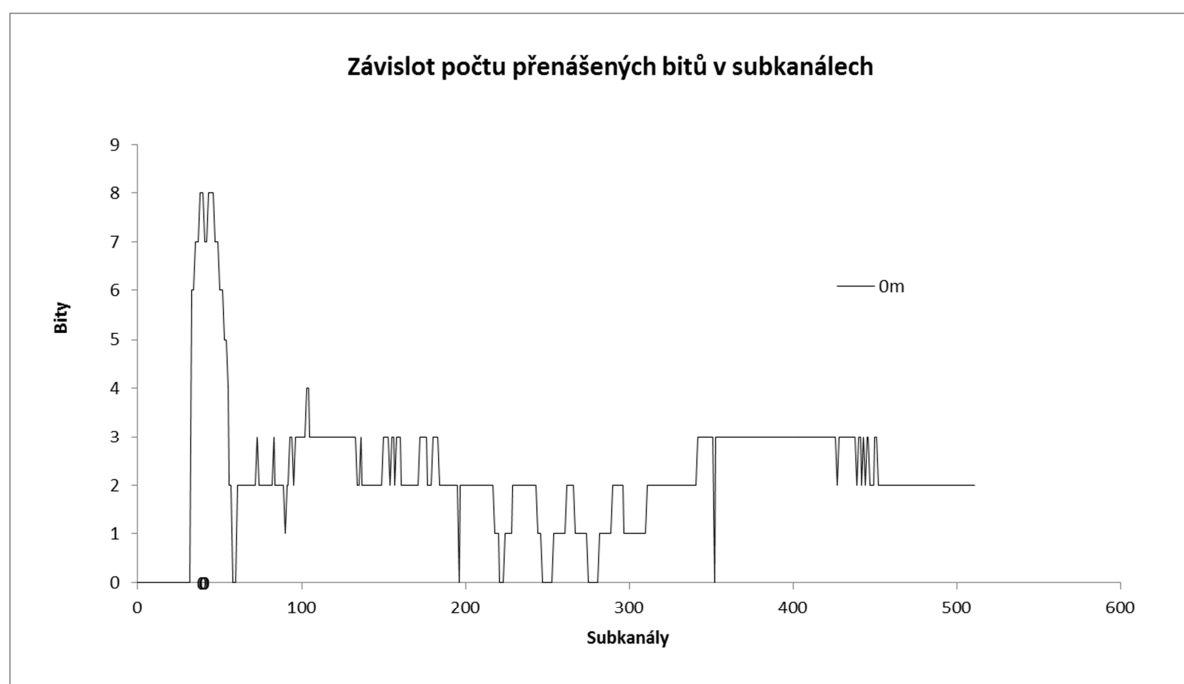
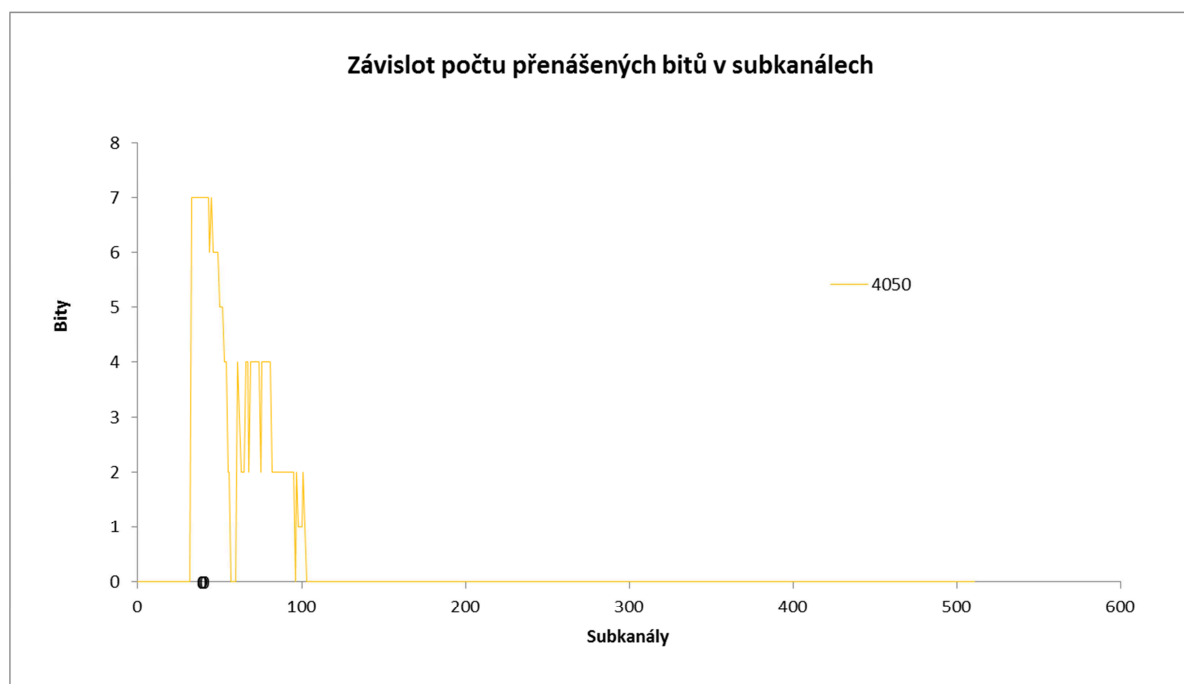
4.6 Grafické vyhodnocení

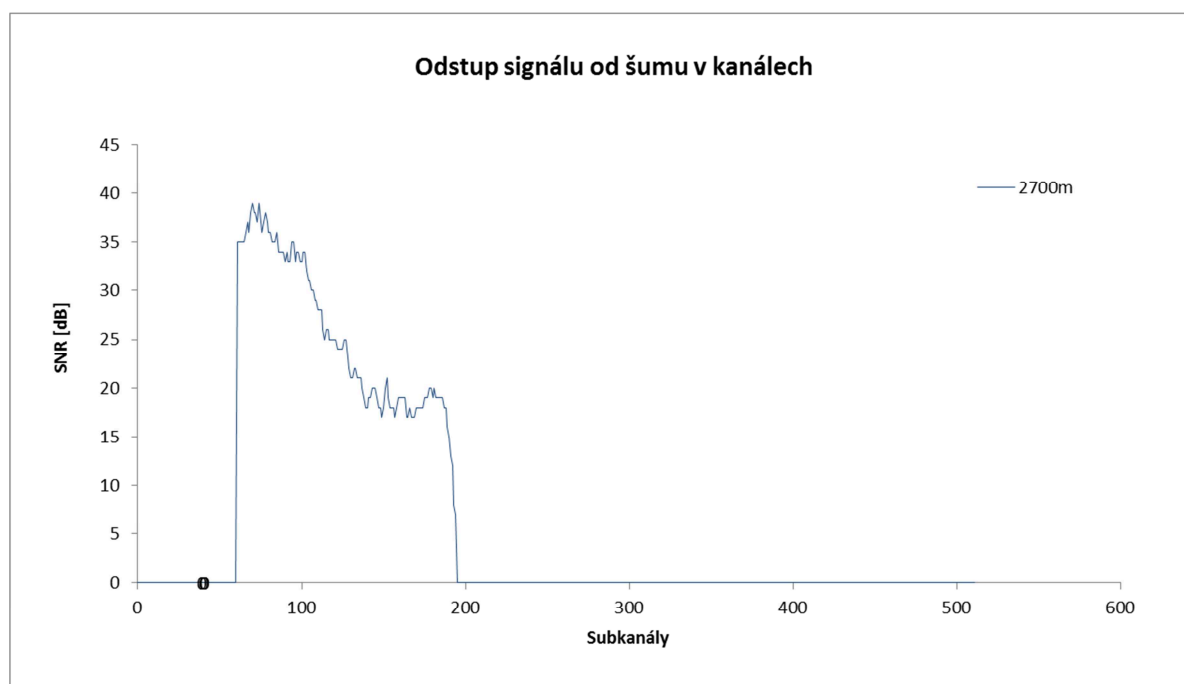
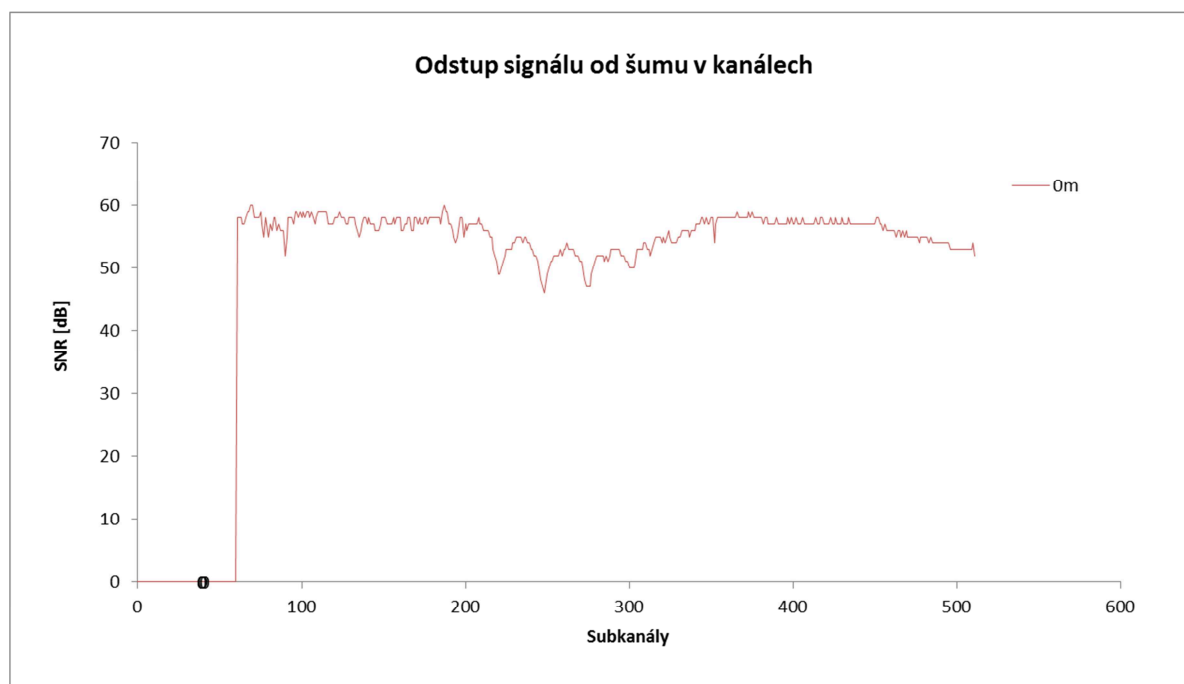


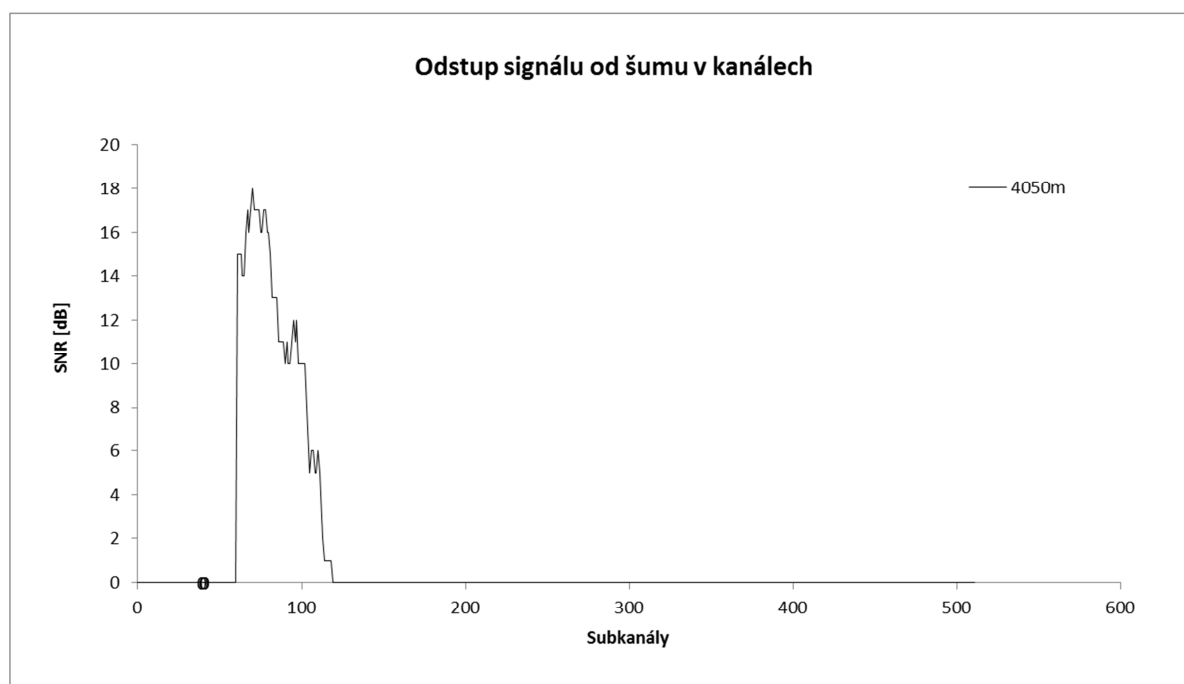
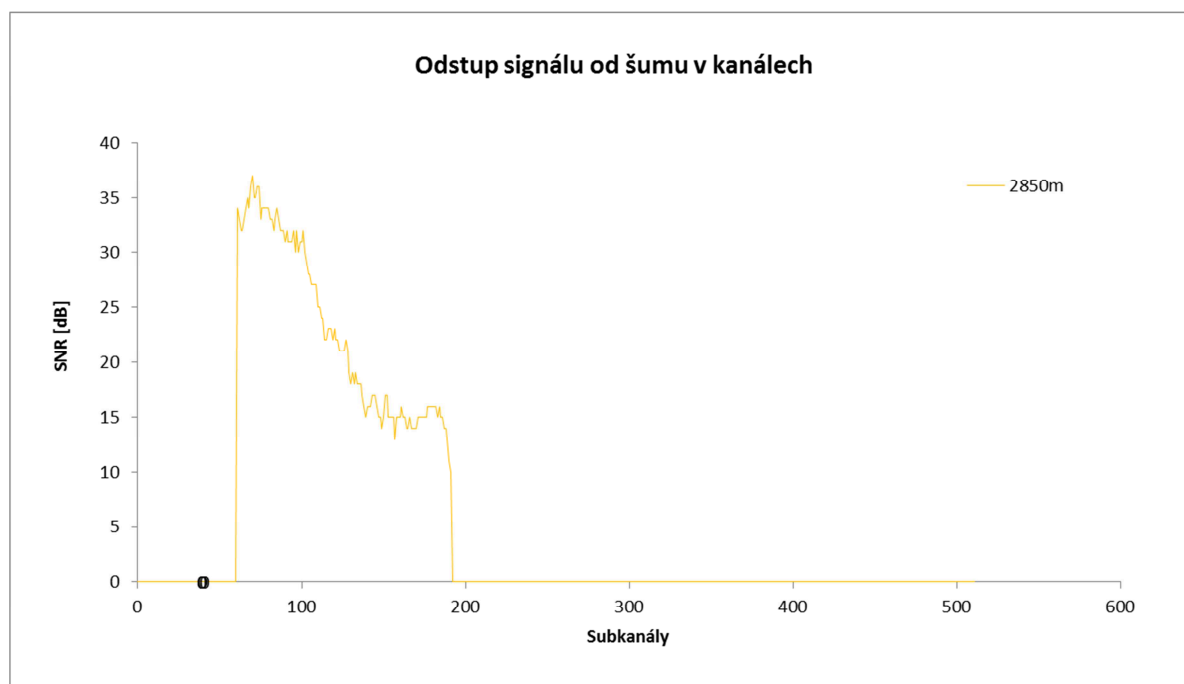












4.7 Závěr formou shrnující tabulky

V této tabulce jsou shrnuty nejdůležitější poznatky z měření. Ostatní parametry lze odečíst z grafů či tabulky naměřených hodnot.

Trasa č. 3	Download	Upload
Nastavená přenosová rychlost	3072 kbit/s	512 kbit/s
Bod zlomu rychlosti	2700 m	2700 m
Max. dosažitelná vzdálenost	4050 m	4050 m
Poslední měřitelná rychlost	320 kbit/s	457 kbit/s
Útlum posledním měřeného bodu	64,4 dB	49,1 dB

5 PROTOKOL Z MĚŘENÍ NA TRASE Č.12

Nastavená rychlost pro trasu č.1: 25963/1375 kbit/s – Annex B

5.1 Zadání

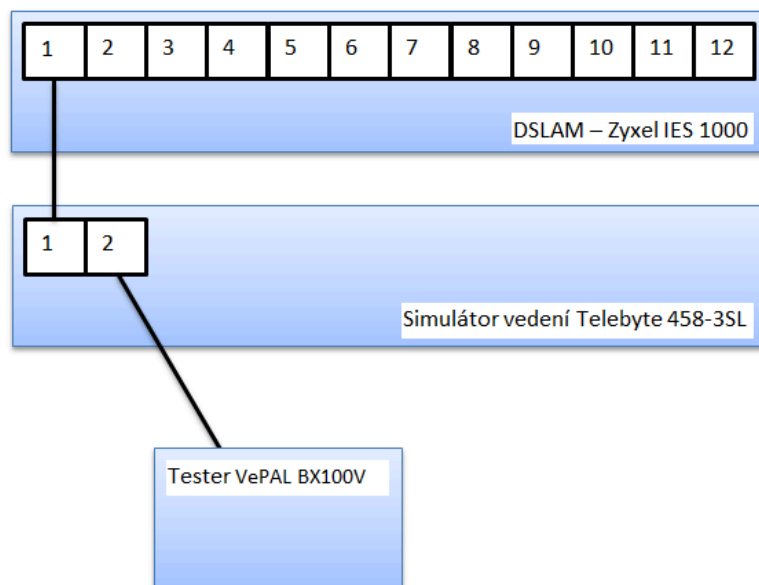
Proměřit zadanou trasu pomocí analyzátoru VePal při nastavené rychlosti po kroku měření 150 m až po hodnotu, kdy se již měřicí přístroj nespojí s DSLAMEM. Veškeré hodnoty zaznamenat do xls souboru, ze kterého následně daná data vyhodnotit a vynést do grafu.

5.2 Použité měřicí přístroje

Tester VDSL – VePAL BX100V, Simulátor vedení Telebyte 458-3SL, ZyXEL IES-100m DC

5.3 Postup měření

Nejdříve jsem dle blokového schématu zapojení uvedeném na obrázku přístroje zapojil. Dále poté zapnul tester a za pomoci tlačítka „apply“ začal měřit ve vzdálenosti 0 m (kterou jsem nastavil na simulátoru vedení). Měření chvíli trvalo, po zobrazení údajů na displeji jsem údaje uložil a zkontroloval, zda-li jsou všechny hodnoty uloženy správně. Následně jsem měření opakoval vždy po kroku 150 m až do chvíle, kdy spojení nebylo navázáno. Hodnoty jsem s pomocí PC programu načetl do počítače a následně vygeneroval sadu protokolů ve formátu pdf a xls.



Obrázek 5-1 Blokové schéma zapojení

5.4 Tabulka naměřených hodnot - Download

Vzdálenost [m]	0	150	300	450	600	750
Down/Up	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream
Aktuální rychlost	25963 K	25711 K	24985 K	23764 K	22255 K	20200 K
Maximální rychlost	25963 K	25711 K	24985 K	23764 K	22255 K	20200 K
Kapacita	1	1	1	1	1	1
Noise Margin	7,0 dB	6,5 dB	7,5 dB	7,0 dB	7,0 dB	6,5 dB
Attenuation	0,0 dB	3,6 dB	6,5 dB	9,6 dB	12,2 dB	14,9 dB
Tx Power	9,7 dBm	13,4 dBm	15,5 dBm	16,0 dBm	16,1 dBm	16,2 dBm
INP	0	0	0,1	0,2	0,2	0,2
Link Up						
Training Time						
CO Vendor ID						
Profile						

900	1050	1200	1350	1500	1650	1800
Downstream	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream
18232 K	9440 K	14507 K	12412 K	10734 K	8945 K	6272 K
18232 K	9440 K	14507 K	12412 K	10734 K	8945 K	6656 K
1	1	1	1	1	1	0,94
6,5 dB	8,0 dB	6,5 dB	6,0 dB	6,0 dB	6,0 dB	7,5 dB
17,5 dB	15,2 dB	22,2 dB	24,8 dB	27,1 dB	29,6 dB	27,9 dB
16,6 dBm	18,6 dBm	17,9 dBm	17,9 dBm	18,5 dBm	18,3 dBm	19,6 dBm
0,2	0	0,3	0,3	0,4	0,5	0

1950	2100	2250	2400	2550	2700	2850
Downstream	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream
6141 K	5473 K	4790 K	4188 K	3596 K	3072 K	2564 K
6141 K	5473 K	4790 K	4188 K	3596 K	3072 K	2564 K
1	1	1	1	1	1	1
6,0 dB	6,0 dB	6,0 dB	6,0 dB	6,0 dB	6,0 dB	6,0 dB
34,5 dB	36,8 dB	39,2 dB	41,0 dB	43,3 dB	45,1 dB	47,5 dB
18,3 dBm	19,0 dBm	19,0 dBm	18,6 dBm	18,4 dBm	17,6 dBm	17,5 dBm
0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,4

3000	3150	3300	3450	3600	3750	3900
Downstream	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream	Downstream
2151 K	1628 K	1284 K	1030 K	736 K	639 K	438 K
2151 K	1628 K	1284 K	1030 K	768 K	639 K	438 K
1	1	1	1	0,95	1	1
6,0 dB	6,0 dB	6,0 dB	6,0 dB	6,5 dB	6,5 dB	6,0 dB
49,8 dB	52,1 dB	54,4 dB	56,7 dB	40,2 dB	61,4 dB	62,4 dB
17,4 dBm	16,0 dBm	15,1 dBm	14,3 dBm	1,4 dBm	13,6 dBm	11,4 dBm
0,5	0,6	0,4	0,5	0	0,4	0,6

4050	4200
Downstream	Downstream
328 K	184 K
328 K	184 K
1	1
6,0 dB	6,0 dB
64,2 dB	66,0 dB
11,3 dBm	10,6 dBm
0,7	1,3

5.5 Tabulka naměřených hodnot – Upload

Vzdálenost [m]	0	150	300	450	600	750
Down/Up	Upstream	Upstream	Upstream	Upstream	Upstream	Upstream
Aktuální rychlost	1375 K	1391 K	1375 K	1387 K	1383 K	1391 K
Maximální rychlost	1387 K	1391 K	1375 K	1387 K	1383 K	1391 K
Kapacita	0,9913482	1	1	1	1	1
Noise Margin	6,0 dB	6,7 dB	6,2 dB	6,0 dB	6,1 dB	6,0 dB
Attenuation	0,0 dB	1,7 dB	3,5 dB	5,5 dB	7,1 dB	9,0 dB
Tx Power	10,4 dBm	11,3 dBm	12,4 dBm	12,2 dBm	12,4 dBm	12,4 dBm
INP	0	0	0	0	0	0
Link Up	Value	Value	Value	Value	Value	Value
Training Time	34 s	32 s	35 s	62 s	63 s	64 s
CO Vendor ID	BDCM	BDCM	BDCM	BDCM	BDCM	BDCM
Profile	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

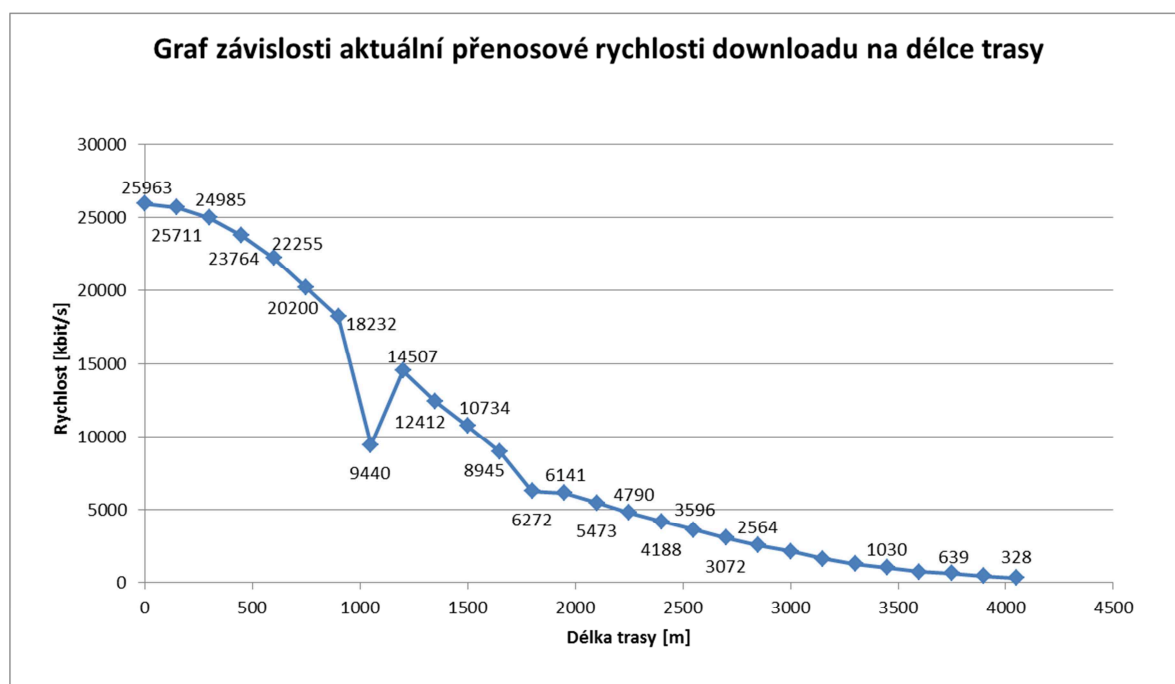
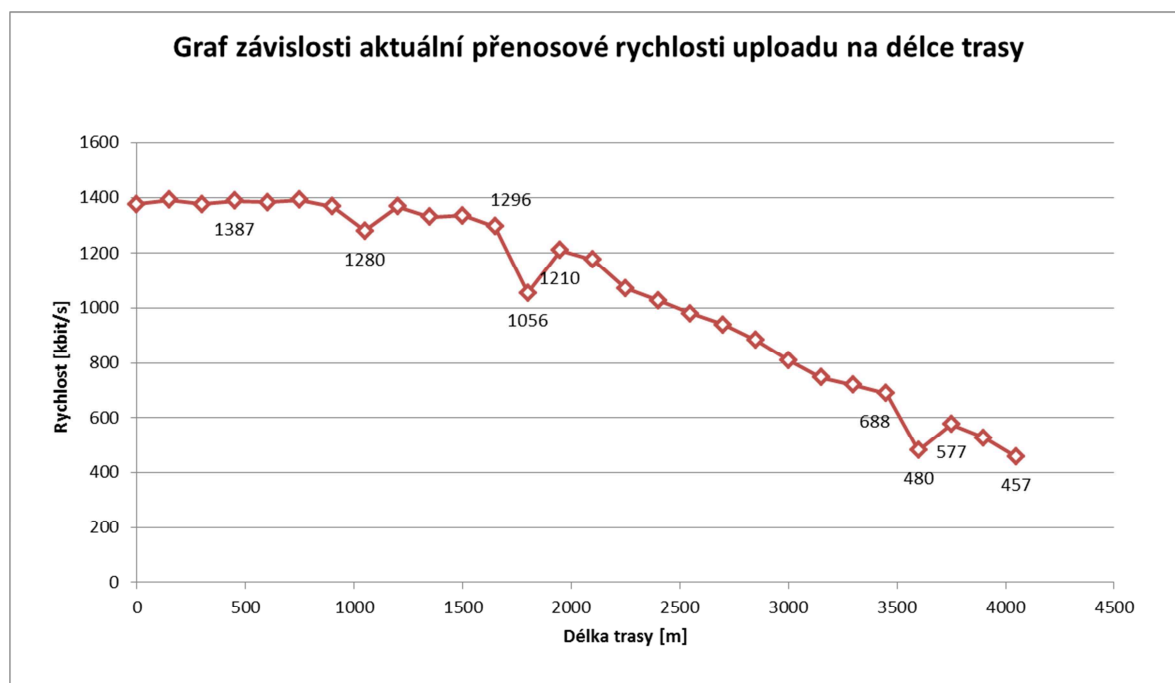
900	1050	1200	1350	1500	1650	1800
Upstream	Upstream	Upstream	Upstream	Upstream	Upstream	Upstream
1367 K	1280 K	1367 K	1330 K	1334 K	1296 K	1056 K
1367 K	1416 K	1367 K	1330 K	1334 K	1296 K	1248 K
1	0,9039548	1	1	1	1	0,8461539
6,0 dB	6,0 dB	6,0 dB	6,2 dB	6,7 dB	6,5 dB	7,0 dB
10,9 dB	14,0 dB	14,5 dB	16,3 dB	18,2 dB	20,1 dB	23,5 dB
12,4 dBm	12,4 dBm	12,3 dBm	12,4 dBm	12,3 dBm	12,4 dBm	12,4 dBm
0	0	0	0,7	0,6	0,8	0
Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value
64 s	32 s	35 s	34 s	34 s	62 s	51 s
BDCM	0	BDCM	BDCM	BDCM	BDCM	0
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

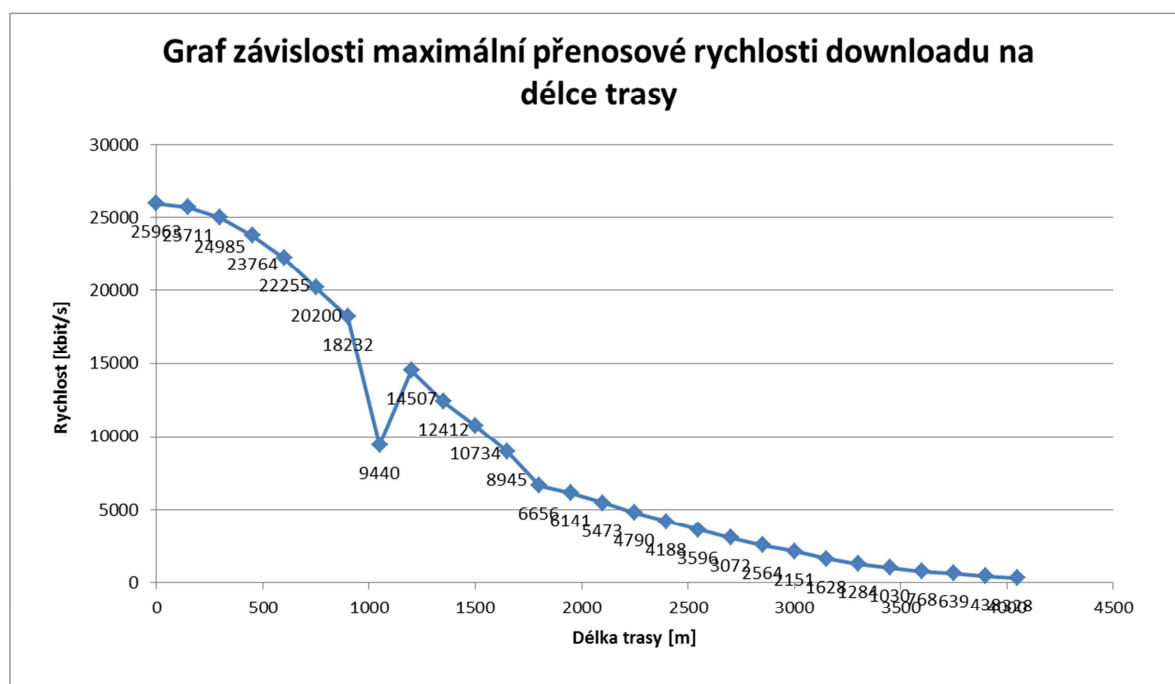
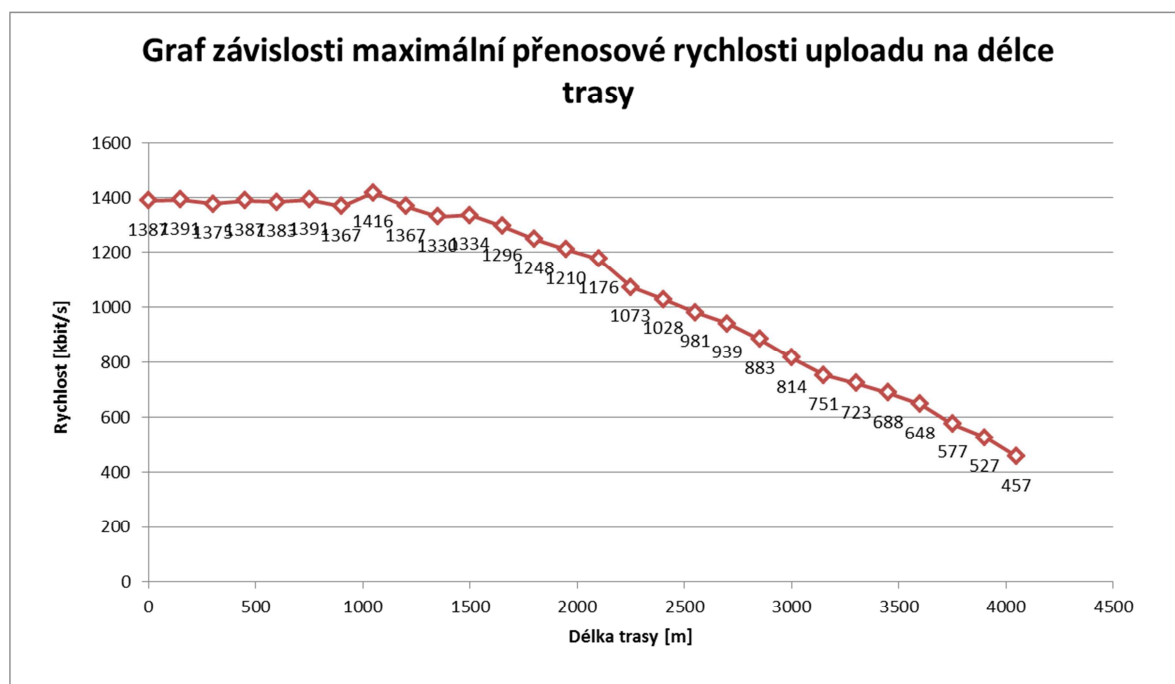
1950	2100	2250	2400	2550	2700	2850
Upstream	Upstream	Upstream	Upstream	Upstream	Upstream	Upstream
1210 K	1176 K	1073 K	1028 K	981 K	939 K	883 K
1210 K	1176 K	1073 K	1028 K	981 K	939 K	883 K
1	1	1	1	1	1	1
6,1 dB	6,0 dB	6,0 dB	5,9 dB	6,0 dB	5,9 dB	5,9 dB
23,7 dB	25,5 dB	27,4 dB	29,2 dB	31,1 dB	32,8 dB	34,7 dB
12,4 dBm	12,4 dBm	12,4 dBm	12,4 dBm	12,4 dBm	12,4 dBm	12,4 dBm
0,8	0,8	1,1	1,2	1,2	1,3	1,6
Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value
68 s	65 s	63 s	63 s	63 s	63 s	64 s
BDCM	BDCM	BDCM	BDCM	BDCM	BDCM	BDCM
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

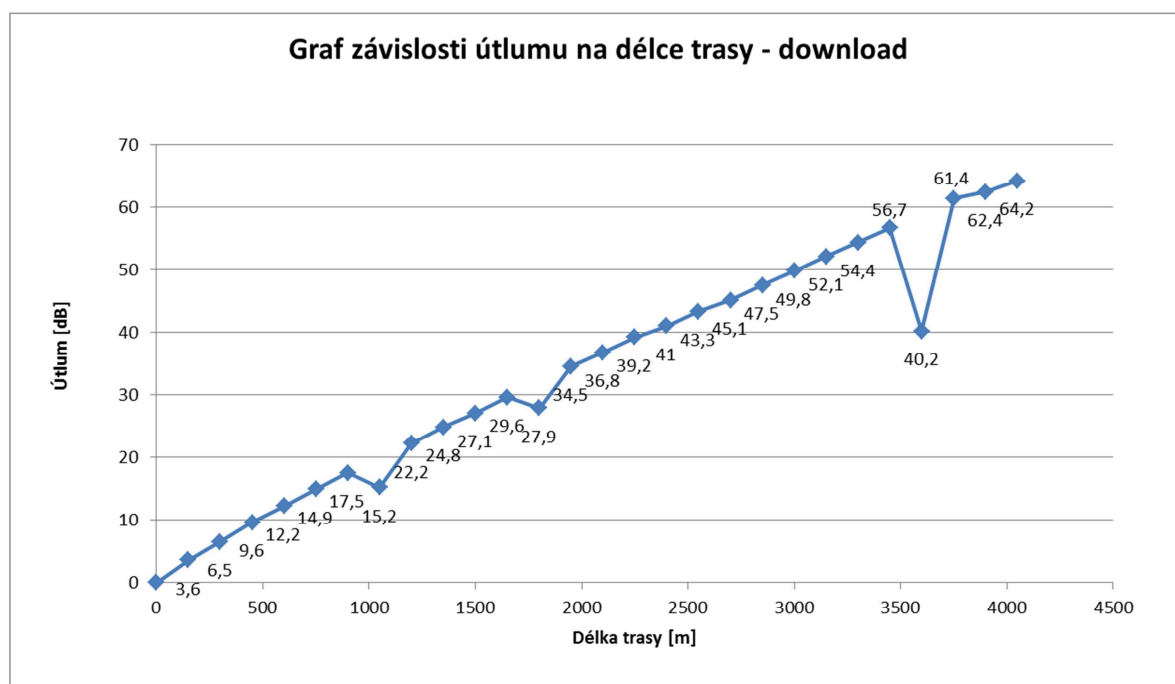
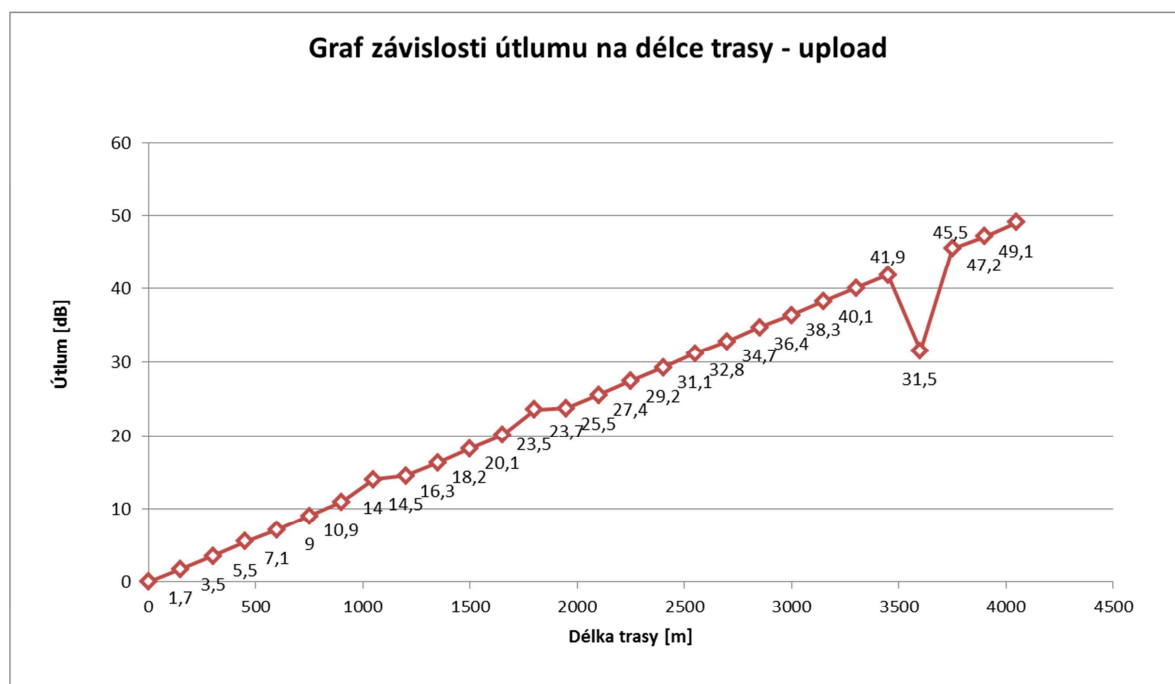
3000	3150	3300	3450	3600	3750	3900
Upstream	Upstream	Upstream	Upstream	Upstream	Upstream	Upstream
810 K	747 K	719 K	688 K	480 K	577 K	527 K
814 K	751 K	723 K	688 K	648 K	577 K	527 K
0,995086	0,9946738	0,9944675	1	0,7407407	1	1
6,0 dB	6,1 dB	6,2 dB	6,0 dB	6,0 dB	5,8 dB	5,9 dB
36,4 dB	38,3 dB	40,1 dB	41,9 dB	31,5 dB	45,5 dB	47,2 dB
12,4 dBm	12,4 dBm	12,4 dBm	12,2 dBm	12,2 dBm	12,2 dBm	12,3 dBm
1,8	2,2	2,3	2,1	0	2,1	2,2
Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value
65 s	64 s	63 s	64 s	35 s	67 s	34 s
BDCM	BDCM	BDCM	BDCM	0	BDCM	BDCM
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

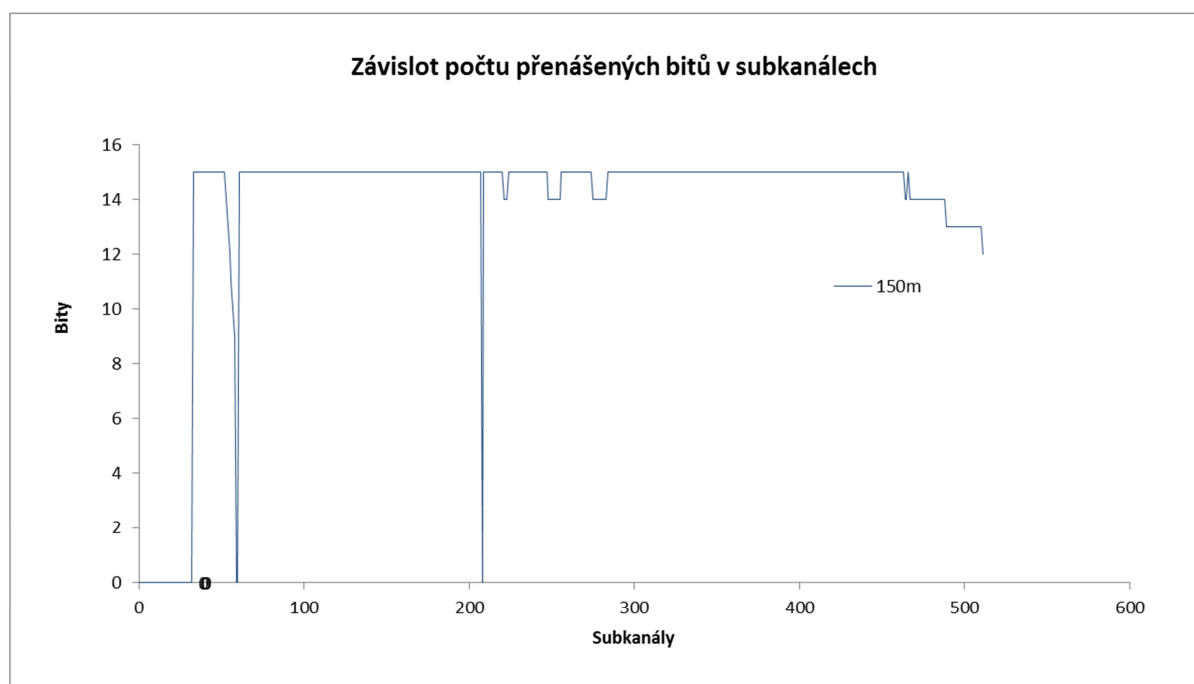
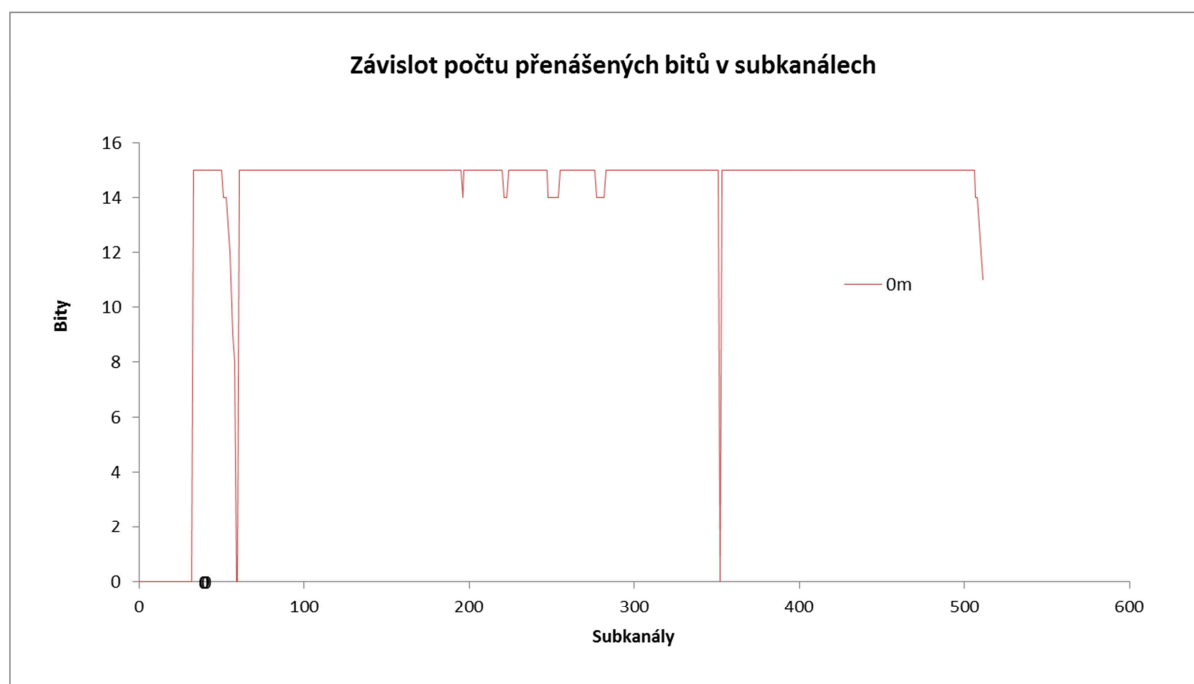
4050	4200
Upstream	Upstream
457 K	393 K
457 K	393 K
1	1
5,3 dB	6,0 dB
49,1 dB	50,8 dB
12,2 dBm	12,0 dBm
2,6	2,4
Value	Value
33 s	64 s
BDCM	BDCM
N/A	N/A

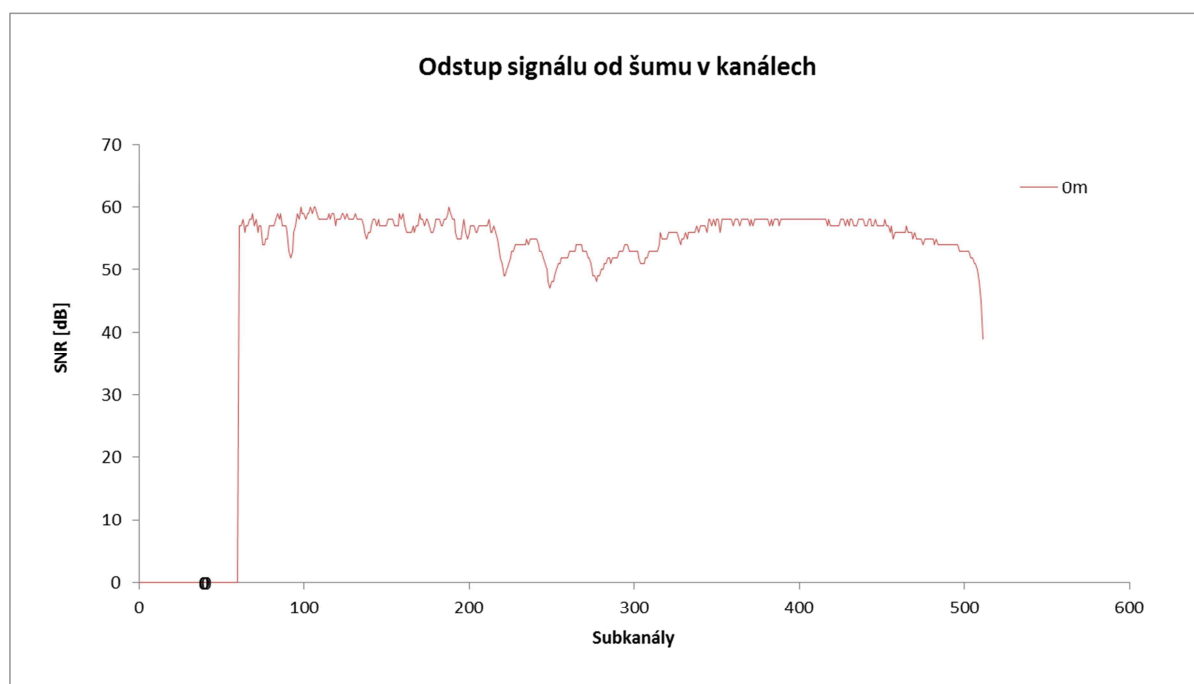
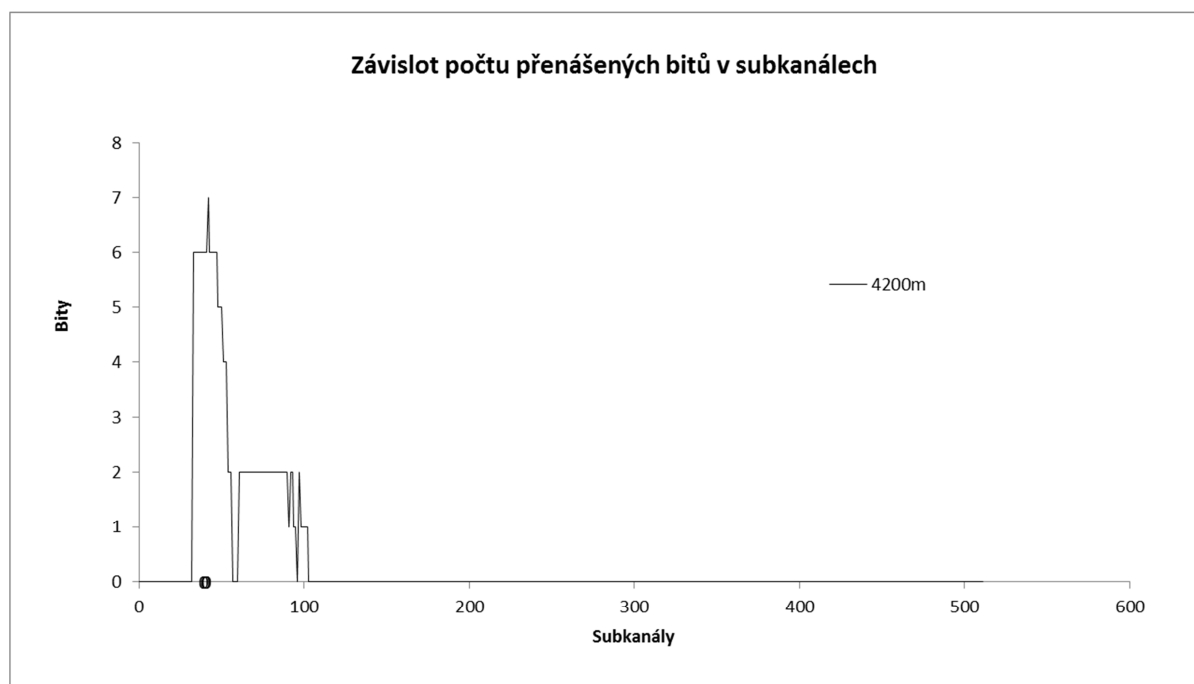
5.6 Grafické vyhodnocení

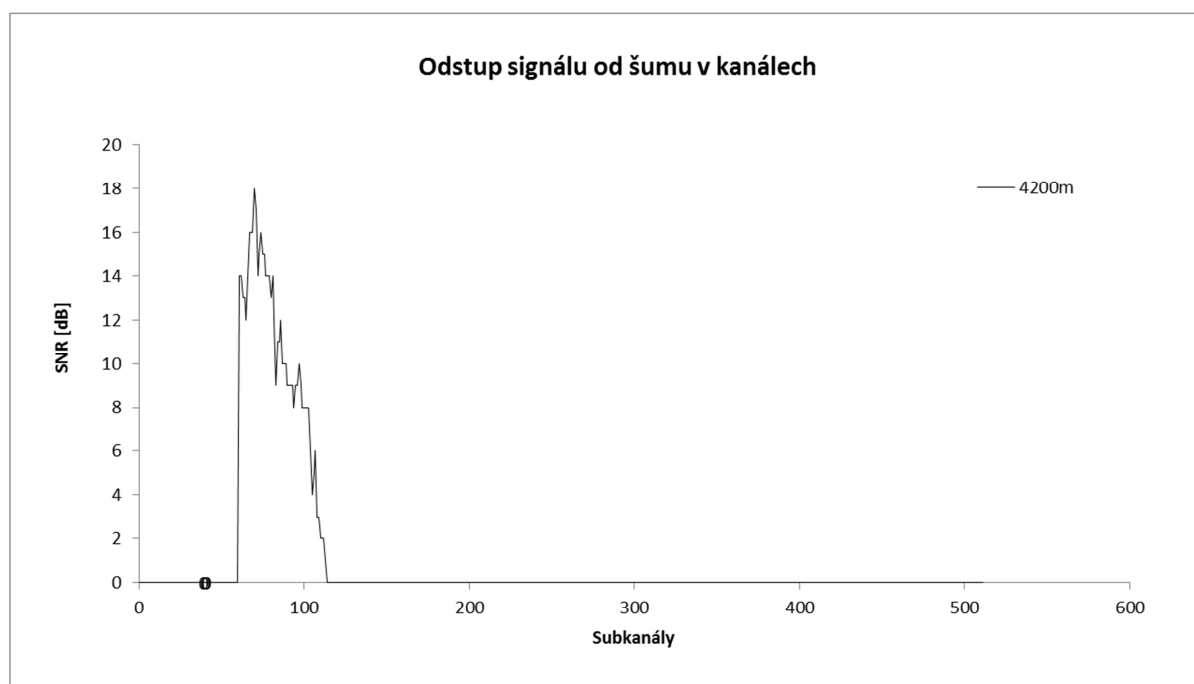
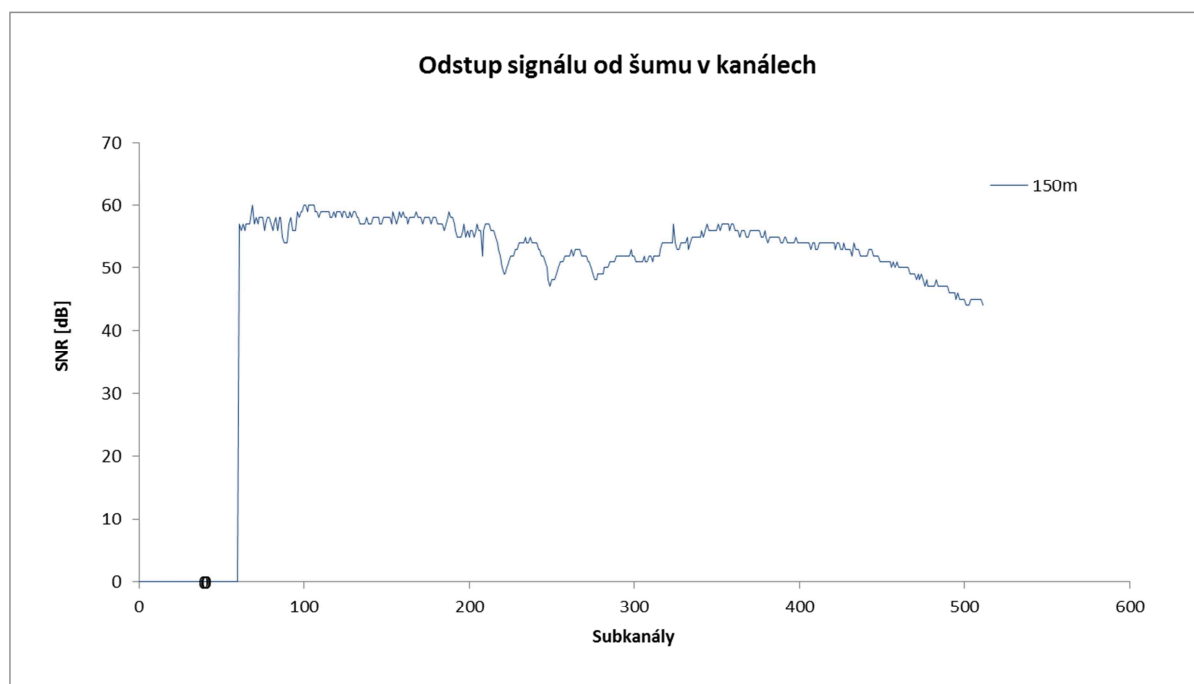












5.7 Závěr formou shrnující tabulky

V této tabulce jsou shrnuty nejdůležitější poznatky z měření. Ostatní parametry lze odečíst z grafů či tabulky naměřených hodnot.

Trasa č. 12	Download	Upload
Nastavená přenosová rychlost	25963 kbit/s	1375 kbit/s
Bod zlomu rychlosti	0 m	0 m
Max. dosažitelná vzdálenost	4200 m	4200 m
Poslední měřitelná rychlost	184 kbit/s	393 kbit/s
Útlum posledním měřeného bodu	66 dB	50,8 dB